

Untersuchungen zur Eignung des Laktosegehalts der Milch für das Leistungs- und Gesundheits- monitoring bei laktierenden Milchkühen

DISSERTATION

**zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor rerum agriculturalarum
(Dr. rer. agr.)**

**eingereicht an der
Lebenswissenschaftliche Fakultät
der Humboldt-Universität zu Berlin**

von M.Sc. Mario Lindenbeck

Präsident
der Humboldt-Universität zu Berlin:
Prof. Dr. Jan-Hendrik Olbertz

Dekan
Prof. Dr. Richard Lucius

Gutachter/in
1. Prof. Dr. habil. Reiner Brunsch
2. PD Dr. habil. Sandra Rose-Meierhöfer
3. Prof. Dr. Martin Gierus

Tag der mündlichen Prüfung: 23.01.2015

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungs- und Definitionsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	IV
1. Einleitung und Zielstellung.....	1
2. Wissenschaftlicher Kenntnisstand.....	6
2.1. Stoffwechselsituationen der Milchkuh.....	6
2.2. Glucose-Stoffwechsel bei Milchkühen.....	14
2.3. Beziehung Laktose zu Leistung und Gesundheit.....	20
2.4. Zusammenhänge zwischen Milchleistung, Stoffwechsel und Gesundheitsstatus.....	29
2.5. Messmethoden.....	31
3. Material.....	34
3.1. Tierbestand, Haltung und Fütterung.....	34
3.2. Leistungsparameter	37
3.2.1. Herde I.....	37
3.2.2. Herde II.....	37
3.2.3. Herde III.....	38
3.3. Primärdatenaufnahme und Datenaufbereitung.....	39
3.4. Methode.....	41
3.4.1. Deskriptive Statistik	41
3.4.2. Analytische Statistik.....	42
3.4.3. Klassifizierung der Erkrankungen und Ereignisse.....	44
3.4.4. Modelle zur Vorhersage.....	47
3.4.5. Erkennung der Abweichungen mit Exponentially Weighted Moving Average-Charts.....	49
3.4.6. Entscheidungsbäume.....	50

4. Ergebnisse.....	51
4.1. Zusammenhänge zwischen Laktose und anderer Parametern zu den Ereignissen.....	51
4.2. Anwendung der ausgewählten Modelle.....	60
4.2.1. Tierspezifische Modellbildung.....	60
4.2.2. Varianzanalytische Auswertung des Laktosegehaltes in Bezug zur Leistungs- und Gesundheitsbeurteilung.....	61
4.3. Entscheidungsmodelle.....	64
4.3.1. Modell: Mastitis.....	66
4.3.2. Modell: Verletzung.....	70
4.3.3. Modell: Infektion.....	73
4.3.4. Modell: Stoffwechsel.....	76
4.3.5. Modell: Endometritis	80
4.3.6. Modell: Brunst.....	82
4.3.7. Modell: Stress.....	83
4.3.8. Modell: Fieber.....	84
4.3.9. Modell: Diarrhöe und Klauenerkrankungen.....	86
5. Diskussion.....	87
5.1. Laktosekonzentration.....	87
5.2. Laktosemenge.....	88
5.3. Milchmenge.....	88
5.4. Leitfähigkeit.....	90
5.5. Mobilität.....	90
5.6. Ereigniserkennung durch kombinierte Auswertungen.....	90

5.7. Möglichkeiten zur Erkennung von Ereignissen auf Basis von erfassten Daten mit Hilfe von Entscheidungsbäumen.....	92
5.8. Möglichkeiten zur Erkennung von Ereignissen auf Basis des Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)	93
5.9. Modellwahl.....	94
6. Schlussfolgerungen.....	98
7. Zusammenfassung.....	100
8. Summary.....	101
9. Literaturverzeichnis.....	102
10. Anhang.....	114

Abkürzungs- und Definitionsverzeichnis

a.p. vor der Kalbung

Acetyl-CoA Acetyl-Coenzym A

ATP Adenosintriphosphat

BHB β -Hydroxybutyrat

C Kohlenstoff

cAMP Spezifische Phosphodiesterase (Enzym-Typ)

CF Quark Festigkeit

DVG Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft

DMI/d Trockensubstanzaufnahme je Tag

ECM Energiekorrigierte Milchleistung

EWMA Exponentiell gewichteter gleitenden Durchschnitt

F1 Erste Kreuzungsgeneration

F2 Zweite Kreuzungsgeneration

FCM Fettkorrigierte Milch

Event Ereignis

GE Bruttoenergiegehalt

GF Grundfutter

Gluc Glukose

GLUT-1 Erythrozyten/Hirn-Hexose-Facilitator

GLDH Glutamatdehydrogenase

Gravidität Trächtigkeit

h Stunde

IDF Internationale Milchvieh Vereinigung

I. U. Internationale Einheiten

ISO Internationale Organisation für Normung

kg/d Kilogramm je Tag

kJ Kilojoule

Kp Channel Tetramere Kationenkanäle

g/d Gramm je Tag

%/d	Konzentration je Tag
ICBA	Israelischer Rinderzuchtverein
KGW	Körpergewicht
Konzeption	Befruchtung
L	Kontrollgrenze
λ	Gewichtungsfaktor
LH	Luteinisierendes Hormon
LPS	Lipopolysaccharid
Mamma	Euter
Mammalia	Säugetiere
Metritiden	Mastiden
ME	Umsetzbare Energie
mS/cm	Millisiemens
Min./Tag	Minuten je Tag
Mmol/l	Millimol je Liter
MJ	Mega Joule
mlmililiter	
mmolMillimol	
mmho/cmMiliMho/cm	
MM	Milchmenge
multipare	mehrlaktierende
μ molMikromol	
MW	Mittelwert
N	Beobachtungen
NADPH	Nicotinamid-adenin-dinucleotid-phosphat(reduzierte Form)
NEB	Negative Energiebilanz
NEFA	Unveresterte Fettsäuren
NEL	Netto Energie Laktation
NAGase	N-Acetyl- β -D-glucosaminidase
NIR	Nahinfrarot-Spektroskopie

OS	Organische Substanz
p	Signifikanzgrad
Parturition	Kalbung
PC	Pyruvat-Carboxylase
Pantex	Pansen
PEPCK	Phosphoenolpyruvat-Carboxykinase
Peripartaler	um die Geburt herum
p.p.	Post partum (nach der Kalbung)
PAR	Laktation
primipare	erstlaktierende
Ruminantia	Wiederkäuer
Q	Quantil oder Schwellenwert
r	Korrelationskoeffizient
R2	Kreuzung aus F1 und F2
Rententiosecundarium	Nachgeburtungsverhalten
REML	Restricted Maximum Likelihood
Reticulo-Pansen	Netzmagen
SAS	Statistical analysissystem
SCC	Zellzahl
SD oder STD	Standardabweichung
TG, Tgl	Triglyceride
TP	Transition Period
TS	Trockensubstanz
UDP-D-galactose	UridineDiphosphateGalactose
VAG	Viertelanfangsgemelk
VDLUFA	Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten
VGM	Viertelmaschinengemelk
VK	Variationskoeffizient
ZNS	Zentrale Nervensystem

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: <i>Inzidenz peripartaler Erkrankungen und Tag der Befundstellung post partum (FLEISCHER et al. 2001)</i>	9
Tab. 2: <i>Mittelwerte und Spannweiten der Inzidenzen einiger peripartaler Gesundheitsprobleme (JORDAN u. FOURDRAINE 1993)</i>	9
Tab. 3: <i>Adaptionsreaktionen bei laktierenden Kühen (nach BAUMAN 2000)</i>	11
Tab. 4: <i>Stoffwechseleigenschaften von Insulin (LÖFFLER und PETRIDES 1997)</i>	13
Tab. 5: <i>Übersicht zur Datenbasis</i>	34
Tab. 6: <i>Leistungswerte der Herde I</i>	37
Tab. 7: <i>Leistungskennwerte der Herde II</i>	38
Tab. 8: <i>Leistungskennwerte der Herde III</i>	38
Tab. 9: <i>Einteilung der Ereignisse</i>	40
Tab. 10: <i>Deskriptive Statistik Herde II</i>	51
Tab. 11: <i>Beobachtungszeiträume nach Ereignissen</i>	65
Tab. 12: <i>Erkennungsrate und Spezifität im Tagesverlauf</i>	68
Tab. 13: <i>Erkennungsraten Mastitis, Verletzung und Infektion</i>	74
Tab. 14: <i>Erkennungsrate und Spezifität bei Stoffwechselproblemen im Tagesverlauf</i>	79
Tab. 15: <i>Erkennungsraten Endometritis, Stoffwechsel und Brunst</i>	81
Tab. 16: <i>Erkennungsraten Stress, Fieber, Diarrhoe und Klauenerkrankungen</i>	83
Tab. A 1: <i>Durchschnittswerte der Kennzahlen der ICBA von 2010</i>	116
Tab. A 2: <i>Ration nach Dr. Ran Salomon 2011</i>	117
Tab. A 3: <i>Deskriptive Statistik Herde I</i>	118
Tab. A 4: <i>Deskriptive Statistik Herde II</i>	119
Tab. A 5: <i>Deskriptive Statistik Herde III</i>	120
Tab. A 6: <i>Kennzahlen des Merkmals Milchmenge (kg/d), getrennt nach Ereignissen</i>	121
Tab. A 7: <i>Kennzahlen des Merkmals Laktosekonzentration (%), getrennt nach Ereignissen</i>	121
Tab. A 8: <i>Kennzahlen des Merkmals Laktosemenge (kg/d), getrennt nach Ereignissen</i>	122

Tab. A 9: Kennzahlen des Merkmals Proteinkonzentration (%), getrennt nach Ereignissen.....	122
Tab. A 10: Kennzahlen des Merkmals Fettkonzentration (%), getrennt nach Ereignissen.....	123
Tab. A 11: Kennzahlen des Merkmals Leitfähigkeit (mmho/cm), getrennt nach Ereignissen.....	123
Tab. A 12: Kennzahlen des Merkmals Mobilität, getrennt nach Ereignis.....	124
Tab. A 13: Kennzahlen des Merkmals Laktationszahl getrennt nach Ereignissen.....	124
Tab. A 14: Kennzahlen des Merkmals Laktationstage (d), getrennt nach Ereignissen.....	125
Tab. A 15: Kennwerte innerhalb der Laktationen.....	126
Tab. A 16: Signifikanzprüfung von Laktosemenge zur Modellwahl.....	128
Tab. A 17: Signifikanzprüfung von Laktosekonzentration zur Modellwahl.....	129
Tab. A 18: Signifikanzprüfung von Laktose- Proteinmenge zur Modellwahl.....	130
Tab. A 19: Signifikanzprüfung von Laktose-Proteinkonzentration zur Modellwahl.....	131
Tab. A 20: Signifikanzprüfung von Laktose-Fettmenge zur Modellwahl.....	132
Tab. A 21: Signifikanzprüfung von Laktose-Fettkonzentration zur Modellwahl.....	133
Tab. A 22: Signifikanzprüfung von Laktose-Fett-Proteinmenge zur Modellwahl.....	134
Tab. A 23: Signifikanzprüfung von Laktose-Fett-Proteinkonzentration zur Modellwahl.....	135
Tab. A 24: Signifikanzprüfung von Proteinkonzentration zur Modellwahl.....	136
Tab. A 25: Signifikanzprüfung von Fettkonzentration zur Modellwahl.....	137
Tab. A 26: Signifikanzprüfung von Fett-Protein-Quotient zur Modellwahl.....	138
Tab. A 27: Signifikanzprüfung von Fett-Laktose-Quotient zur Modellwahl.....	139
Tab. A 28: Signifikanzprüfung von Leitfähigkeit zur Modellwahl.....	140
Tab. A 29: Signifikanzprüfung von Mobilität zur Modellwahl.....	141
Tab. A 30: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktosemenge.....	142

Tab. A 31: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktosekonzentration.....	143
Tab. A 32: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Proteinmenge.....	144
Tab. A 33: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Proteinkonzentration.....	145
Tab. A 34: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fettmenge.....	146
Tab. A 35: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fettkonzentration.....	147
Tab. A 36: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fett-Proteinmenge.....	148
Tab. A 37: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fett-Proteinkonzentration.....	149
Tab. A 38: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Proteinkonzentration.....	150
Tab. A 39: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Fettkonzentration.....	151
Tab. A 40: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei dem Fett-Eiweiß-Quotient.....	152
Tab. A 41: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei dem Fett-Laktose-Quotienten.....	153
Tab. A 42: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Leitfähigkeit.....	154
Tab. A 43: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Mobilität.....	155

Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1: Verteilung des Merkmals Milchmenge (kg/d) in Abhängigkeit zu den Ereignissen.....</i>	<i>53</i>
<i>Abb. 2: Laktosekonzentration (%) in Abhängigkeit zu den Ereignissen</i>	<i>54</i>
<i>Abb. 3: Laktosemenge (kg/d) in Abhängigkeit zu den Ereignissen.....</i>	<i>55</i>
<i>Abb. 4: Proteinkonzentration (%) in Abhängigkeit zu den Ereignissen.....</i>	<i>56</i>
<i>Abb. 5: Fettkonzentration (%) in Abhängigkeit zu den Ereignissen.....</i>	<i>57</i>
<i>Abb. 6: Leitfähigkeit (mmho/cm) in Abhängigkeit zu den Ereignissen.....</i>	<i>57</i>
<i>Abb. 7: Mobilität (Schritte je Stunde) in Abhängigkeit zu den Ereignissen.....</i>	<i>58</i>
<i>Abb. 8: Verteilung des Merkmals Laktation getrennt nach Ereignis.....</i>	<i>59</i>
<i>Abb. 9: Verteilung des Merkmals Laktationstage getrennt nach Ereignis.....</i>	<i>59</i>
<i>Abb. 10: Beobachtungsverlauf der verwendeten Parameter - Fett, Protein, Leitfähigkeit und Laktose bei Mastitis.....</i>	<i>60</i>
<i>Abb. 11: Entscheidungsbaum zur Mastitiserkennung mit Leitfähigkeit und Laktosekonzentration in %.....</i>	<i>67</i>
<i>Abb. 12: Beispiel von Kuh 2205 dokumentiert am 22.02.2011, und Verlauf von Fett, Protein, Laktose und Leitfähigkeit bei einer Mastitis.....</i>	<i>69</i>
<i>Abb. 13: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 2205 dokumentiert am 22.02.2011 bei einer Mastitis.....</i>	<i>69</i>
<i>Abb. 14: Entscheidungsbaum zur Verletzungserkennung mit Mobilität, Milchmenge und Laktosekonzentration.....</i>	<i>70</i>
<i>Abb. 15: Beispiel von Kuh 994 dokumentiert am 13.07.2010, und Verlauf von Fett, Protein, Laktose und Leitfähigkeit bei einer Verletzung.....</i>	<i>72</i>
<i>Abb. 16: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 994 dokumentiert am 13.07.2010 bei einer Verletzung.....</i>	<i>72</i>
<i>Abb. 17: Entscheidungsbaum zur Infektionserkennung mit Leitfähigkeit und Laktosekonzentration in %.....</i>	<i>73</i>
<i>Abb. 18: Beispiel Verlauf von Protein, Laktose und Laktose+Eiweißkonzentration bei Kuh 873 dokumentiert am 13.03.2011 bei einer Infektion.....</i>	<i>75</i>

Abb. 19: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 873 dokumentiert am 13.03.2011 bei einer Infektion.....	75
Abb. 20: Entscheidungsbaum zur Stoffwechselerkennung mit Fett-Eiweiß- und Fett-Laktose-Quotient.....	76
Abb. 21: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 4708 dokumentiert am 31.05.2010 bei Stoffwechselproblemen.....	78
Abb. 22: Verlauf Protein, Laktose und Laktose+Fett % für Kuh 4708 dokumentiert am 31.05.2010 bei Stoffwechselproblemen.....	78
Abb. 23: Entscheidungsbaum zur Endometritiserkennung mit LP% und LP%.....	80
Abb. 24: Entscheidungsbaum zur Brunsterkennung mit LFE%.....	82
Abb. 25: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 601 dokumentiert am 12.09.2010 bei Fieber.....	85

1. Einleitung und Zielstellung

Durch züchterischen Fortschritt und verbessertes Haltungs- und Fütterungsmanagement ist es in den letzten Jahrzehnten zu einem beträchtlichen Anstieg der Milchleistung pro Leistungsperiode gekommen. Mit Hilfe der Milchleistungskontrolle können wichtige Fütterungs- und Managementfehler aufgedeckt werden. Neben dem Hemmstoffnachweis, der Gefrierpunktbestimmung, der Keim- und Zellzahl gehören vor allem der Fett- und Eiweißgehalt zu den milchpreisbeeinflussenden Milchqualitätsparametern. Die Attraktivität der Milchinhaltsstoffe als aussagekräftige Parameter ergibt sich weiterhin aus den regelmäßigen Messungen im Rahmen der Milchkontrolle, die eine kostengünstige Verfügbarkeit der Daten mit sich bringt (ROSSOW 2008a und ARNOULD et. al 2013). Ein optimales Herdenmanagement ist gefragt, um die Milchinhaltsstoffe auf ihre Fähigkeit als aussagekräftige Parameter im Sinne eines „Frühwarnsystems“ bei Stoffwechselproblemen zu prüfen, deshalb wurden in dieser Arbeit die Zusammenhänge auf ausgewählte Kennwerte der Milchezusammensetzung in verschiedenen Herden, unter besonderer Beachtung des Laktosegehaltes, untersucht. Die frühzeitige Identifikation von Abweichungen bzw. Störungen insbesondere in Zeiträumen besonderer Stoffwechselbeanspruchung (Früh- und Hochlaktation, peripartale Phase) ist sowohl von hohem praktischem als auch theoretisch-wissenschaftlichem Interesse geprägt. Insbesondere bei Erhöhung der Leistungsabforderungen von der Milchkuh zeigt sich eine zunehmende Sensibilität und Anfälligkeit der Stoffwechselregulation. Moderne technische Lösungen ermöglichen die tagesaktuelle Erfassung diverser Beschaffenheitsparameter des Syntheseprodukts Milch, wodurch sich die Erfassung und Bewertung der Milchinhaltsstoffe zu einem bewährten Instrument in der Leistungsbeurteilung entwickelt hat. Grundlegend ist festzustellen, dass die Ergebnisse der Milchkontrolluntersuchungen, die im Zuge der datengestützten Herdenüberwachung erhoben werden, sich verwenden lassen, um Hinweise auf den Leistungs- und Gesundheitsstatus der Kühe im Laktationsverlauf zu erhalten und schwerwiegende Fehlentwicklungen zu prognostizieren. Es besteht das Bestreben, diese genannten Hilfparameter und Berechnungen zur Überwachung der Leistungs- und

Gesundheitsbilanz für das Betriebsmanagement als Instrument zur Herdenoptimierung verstärkt nutzbar zu machen. Während die Entwicklungen in der Prozesstechnik für Melkanlagen insbesondere zu vermehrter und verbesserter Erfassung von Merkmalswerten geführt haben, sind bei der Auswertung und Aufbereitung dieser Daten zu Informationen in der Praxis wenige Neuerungen zu beobachten. Die derzeit verwendeten Methoden zur Entscheidungsunterstützung in verfügbaren Herdenmanagementsystemen beschränken sich vorwiegend auf Nutzung gleitender Mittelwerte zur Identifikation von Merkmalsabweichungen (AMMON 2008). Aber es existieren Bedenken, dass Milchinhaltsstoffe nur indirekt mit den metabolischen Ereignissen verbunden und daher als ausschließliche Indikatoren für subakute Stoffwechselentgleisungen doch nicht ausreichend geeignet sein könnten. Dem steht gegenüber, dass sich die messtechnische Erfassung diverser Milchparameter schrittweise zu einem Routinevorgang entwickelt. Dennoch ist zu vermerken, dass die Milchinhaltsstoffe Milchfett und Milcheiweiß nicht nur unterschiedlichen Stoffwechselwegen entstammen, sondern stoffwechselphysiologisch beachtenswerten Kompensationsprozessen untergeordnet sind. Demgegenüber unterliegt der Milchinhaltsstoff Laktose strikten biochemischen und stoffwechselphysiologischen Beschränkungen, deren primäre Limitierung durch die aktuelle Verfügbarkeit von Glukose hervorgerufen wird. Der Laktosegehalt in der Milch unterliegt, im Gegensatz zu anderen Inhaltsstoffen, sehr engen Grenzen und bei der Milchsynthese wird ein stabiler Laktosegehalt angestrebt. Konsequenterweise erwächst daraus die Forderung, regelmäßig erfassbare Aussagen zu Milchinhaltsstoffen in Zukunft mit anderen Ergebnissen der täglichen Produktionskontrolle abzugleichen und Zusammenhänge aufzuspüren, physiologisch und mathematisch-statistisch zu bewerten und möglicherweise als Instrument des Herdenmanagements nutzbar zu machen.

Innerhalb der Milchinhaltsstoffe sollte insbesondere der Entwicklung des Laktosegehaltes (im zu schaffenden trennscharfen Referenzbereich) oder der täglich erzeugten Laktosemenge Aufmerksamkeit geschenkt werden, da in bisher vorliegenden Auswertungen festgestellt werden konnte, dass der physiologisch an sich stabil gehaltene Wert des Laktosegehaltes dann in Grenzwertbereiche driftet oder als Ausreißer auffällig wird, wenn physiologische Steuerungsvorgänge

(siehe Kapitel 2.1. und 2.2.) - auch nur kurzfristig - gestört werden, so z.B. durch akuten Substratmangel in Form von Glukose. Zur Stabilisierung der schnell steigenden Milchleistung und Reduzierung der negativen Energiebilanz im Zeitraum der Früh- und Hochlaktation wird die genetisch verankerte Fähigkeit der Körperfettmobilisation genutzt. Daraus resultiert zwar die Möglichkeit einer teilweise beträchtlichen zusätzlichen Energiebereitstellung, das Fehlen von Glukose und Glukosemetaboliten als Substrat für die aktuelle Laktose- und Milchproteinsynthese lässt sich dadurch keinesfalls kompensieren. Im Defizit muss der Stoffwechsel der Milchkuh zwingend regulatorische Maßnahmen einleiten, also Korrekturen am ansonsten stabil gehaltenen Laktosegehalt vornehmen. Der Glukosebedarf für die Laktosebildung begrenzt somit die Milchmengenbildung und steht in direkter Konkurrenz zu allen anderen glukoseverbrauchenden Prozessen. Zunehmende und über wenige Tage anhaltende Glukosebeschaffungsprobleme führen im Sinne einer „Stoffwechselantwort“ zu den messbaren Folgereaktionen eines sinkenden Milcheiweißgehaltes (insbesondere Kaseingehalts) und / oder zu deutlich sinkenden und nicht reversiblen Tagesmilchmengen. Außerdem bedient sich der Stoffwechsel in Ermangelung anderer Glukosereserven und der niedrigen Blutglukosekonzentration in nicht wünschenswerter Weise des Zugriffes auf die glukoplastischen Aminosäuren in den Eiweißstrukturen aller Gewebe. Neben dem Gewebeabbau reduziert sich auch die Geschwindigkeit und Qualität der Geweberegeneration. Da nur ein Bruchteil der in den Gewebeabbau involvierten Aminosäuren glukoplastischer Natur sind, kommt es zu einem Anfluten zu verwertender, d.h. in der Regel zu desaminierender Aminosäuren. (LOSAND 2010) verweist zu Recht darauf hin, dass die „...Nutzung des Laktosegehaltes als Indikator für Stoffwechsel und Eutergesundheit ungenügend bearbeitet“ sei. Die Forderungen nach einer automatischen Überwachung des Laktosegehaltes, wie auch (RENNER 1975) sie zur Erkennung sekretorischer Störungen als geeignet befindet und MARTIN et al. (2007) die Erkrankungen des Puerperiums über niedrigere Laktosewerte festgestellt haben, sollten bei weiteren Auswertungen und Analysen eine präzise Trennschärfe finden. Box-Plots-Auswertungen an Herden haben gezeigt, dass Laktose geeignet zu sein scheint, schnelle Aussagen über Leistungs- und Gesundheitsprobleme zu treffen. Die aus dem Box-Plot identifizierten Ausreißer sind als Problemkühe zu bezeichnen, da sie entweder in der Datenauswertung mit

Gesundheitsproblemen notiert oder durch fehlende Milchleistung auffällig sind. Aber auffallend sind unterschiedliche Reaktionsmuster unter den Laktationen, welche immer nur eine laktations- oder einzeltierbezogene Bewertung zulassen.

Negative Begleiterscheinungen sind:

- 1.) Dieser Prozess ist energiezehrend.
- 2.) Ebenso sind Überlastungen der Leistungsfähigkeit der Leber in diesem Zusammenhang einzukalkulieren.
- 3.) Es kommt zur Anhäufung von Ammoniak und Harnstoff und nach dessen Ausscheidung zu (vermeidbaren) stickstoffgebundenen Umweltbelastungen.
- 4.) Energie-Eiweiß-Imbalancen und erhöhte Ammoniak- bzw. Harnstoff-Konzentrationen im Intermediärstoffwechsel und in Stoffwechselprodukten sind mit einer Reihe von Erkrankungen und Leistungsstörungen /-reduzierungen (z.B. Fruchtbarkeit) nachweislich korreliert.

Solange Laktose nur mit erheblichem arbeitswirtschaftlichen und laboranalytischen Aufwand bestimmbar war, bestand kaum die Möglichkeit, sensiblen Schwankungen im Laktosegehalt nachzugehen, und Laktose wurde genutzt, um erhebliche Energiedefizite und Fütterungs- bzw. Herdenmanagementfehler zu charakterisieren, bzw. um Sekretionsstörungen und nachteilige Einflüsse auf die technologische Wertigkeit der Rohmilch feststellen zu können. Die technische Möglichkeit der kontinuierlichen Laktose-Messung während des Melkprozesses fordert neue Betrachtungsansätze heraus. Die vorliegenden Untersuchungen sollen, basierend auf einer Datenbasis aus drei Herden und zwei aufeinanderfolgenden Laktationen; ausgerichtet sein - auf die

Zielstellung:

Das Ziel ist es, Erkrankungen, in erster Linie Stoffwechsel-, Euter- sowie Infektionserkrankungen, sowie Ereignisse wie Brunst mithilfe von Abweichungen im Laktosegehalt zu identifizieren. Mit den aufbereiteten Herdendaten ist es möglich, diese als Variablen zur Modellierung eines Vorhersagemodells hinsichtlich der Herden, der individuellen Leistung und Gesundheit eines Tieres zu nutzen. Durch eine kontinuierliche und gemelkgenaue Datenerfassung, bei einer Berücksichtigung der Herdenspezifik und akzeptablen Messgenauigkeit (KANIYAMATTAM, DE VRIES 2014) ist dies auch in täglicher Praxis möglich. Vor diesem Hintergrund wurden vier Zielstellungen in der mathematisch-statistischen Bearbeitung und bei der Ableitung geeigneter thematische Schwerpunkte bearbeitet:

1. Darstellung, Erfassung, Wertung, Interpretation und mathematisch-statistische Bewertung des Laktosegehaltes im Laktationsverlauf, bezogen auf Einzeltier, Laktation und Herde.
2. Mathematisch-statistische Bearbeitung der Schwankungen, Zusammenhängen und Trendentwicklungen der Laktose zur Nutzung für Vorhersagen stoffwechselphysiologischer Belastungssituationen, zur Vermeidung von Leistungsdepressionen sowie zur Früherkennung von Sekretionsstörungen und Erkrankungen.
3. Effektprüfung, Entwicklung eines Algorithmus zur Prädiktion, Durchführung von Sensitivitätsanalysen, wobei der Fokus auf dem inkrementellen Nutzen des Laktosegehalts für die Vorhersage der Ereignisse liegt. Die Bewertung der Nützlichkeit einzelner Merkmale für die Prädiktion erfolgt anhand der Erkennungsraten. Ein einzelnes Merkmal ist folglich oft nicht ausreichend, weshalb verschiedene Kombinationen von Variablen analysiert werden, um herauszufinden, ob die alleinige Betrachtung des Laktosegehaltes ausreicht.
4. Modellbildung, -anpassung und mathematisch-statistische Bearbeitung hinsichtlich eines linearen Modells zu einer tierspezifischen Vorhersage, wobei verschiedene Ansätze in Bezug auf andere messbare Parameter berücksichtigt werden.

2. Wissenschaftlicher Kenntnisstand

2.1. Stoffwechselsituationen der Milchkuh

Für heutige Hochleistungskühe bedeuten Höchstleistungen in Kombination mit suboptimalen Umweltbedingungen hohe Belastungen; diese können ein erhöhtes Erkrankungsrisiko zur Folge haben. Die überwiegende Anzahl der Hochleistungskühe ist nach der Abkalbung außerstande, die aus der Milchsynthese resultierend erhöhte Energieabgabe durch eine entsprechende Futteraufnahme wieder auszugleichen, zumal einer Erhöhung der Energiekonzentration in der Milchkurration enge physiologische Grenzen gesetzt sind. Eine maximale Milchleistung wird zwischen 4-15 Wochen früher als die maximale Aufnahme an Trockensubstanz erreicht (INGVARTSEN und ANDERSEN 2000). Zu einem Ausgleich der daraus entstehenden negativen Energiebilanz kommt es durch die Mobilisierung von Körperfettreserven der Kühe. Die Mobilisierung von peripherem Fettgewebe ist verbunden mit einem Anstieg der NEFA im Plasma, einer massiven Akkumulation von TG in der Leber und gleichfalls erhöhten hepatischen Fettsäureaufnahmen. Bei TG-Gehalten, die über 100 mg Tgl./g liegen, ist das Risiko hinsichtlich peripartaler Erkrankungen signifikant erhöht; in Bezug auf das Leberfrischgewebe scheint das Risiko entsprechend dem Verfettungsgrad der Leber zu steigen. Diese Diskrepanz führt, charakteristisch für Hochleistungskühe, zu einer hohen metabolischen Überlastung (FLACHOWSKY et al. 2002). Da die Erkrankungen infolge von Stoffwechselimbancen zu Beginn oft einen subklinischen Verlauf nehmen und eine Diagnostik nur sehr aufwändig durchführbar wäre, ist diese Situation vom Landwirt nur schwer zu erkennen und die daraus resultierenden künftigen Gefährdungen erweisen sich als kaum einschätzbar. Metabolische Belastungszustände mithilfe verschiedener Stoffwechselfparameter zu beurteilen ist schwierig, denn diesen fehlt es in der Regel an diagnostischer Trennschärfe (SUNDRUM 1997). Auch im Hinblick auf den Proteinstoffwechsel und die Homöostase der Nährstoffe bedeutet das erste Laktationsdrittel eine Herausforderung für den Organismus. Mit fortschreitender Trächtigkeit steigt zunächst der fetale Bedarf an Energie, Protein und Mineralstoffen erheblich. Im letzten Drittel der Trächtigkeit liegt der Bedarf des Fetus täglich durchschnittlich bei

117 g Protein, 3,44 MJ ME Energie, 5 g Phosphor und 10 g Calcium. Nach der Abkalbung erhöht sich der Bedarf teilweise drastisch; so erfordert die Produktion von nur 1 kg Kolostrum 140 g Protein, 23 g Calcium, 9 g Phosphor und 1 g Magnesium (GOFF und HORST 1997). Den Bedarf an Nährstoffen deckt die Kuh in unterschiedlichem Maß über das aufgenommene Futter und aus körpereigenen Reserven (HOUSE und BELL 1993). Für einen erfolgreichen Laktationsstart sind zahlreiche Anpassungsreaktionen des Organismus erforderlich, welche innerhalb weniger Wochen stattfinden müssen. Zwar sind Hochleistungskühe in der Lage, sich innerhalb kurzer Zeit nach der Abkalbung zu adaptieren und die negative Energiebilanz bzw. weitere Mangelsituationen auszugleichen, doch diese Fähigkeiten sind durchaus starken Schwankungen unterworfen. Einige Auswertungen von metabolischen oder endokrinologischen Parametern im peripartalen Zeitraum weisen auf eine hohe Affinität an interindividueller Flexibilität hin, was die erheblichen individuellen Unterschiede innerhalb der Herden in Bezug des Adaptionsvermögens aufzeigt (DRACKLEY 1999). So liegt der Variationskoeffizient für die tägliche Trockensubstanzaufnahme hinsichtlich der 1. Woche p. p. zwischen 30% und 40%. Deutlich geringer, nämlich bei 6% bis 10%, liegt er nach dem Laktationspitze.

Auch die Anzahl der Laktationen beeinflusst die Anpassungsfähigkeit und Reaktionen des Tieres. So ist die TS-Aufnahme positiv korreliert mit der Anzahl der Abkalbungen. Im Verlauf ist die Trockensubstanzaufnahme bei primi- und multiparen Tieren ähnlich, die absolute TS-Aufnahme erstlaktierender Kühe steigt weniger stark an und ist ab Woche 5 p. p. etwa 15% geringer als die TS-Aufnahme von älteren Tieren (KERTZ et al. 1991). In einer Untersuchung von JOHNSON et al. (2003) verzehrten multipare Kühe 19% mehr Futter als primipare Kühe in der Früh- und Spätlaktation, wurde die TS-Aufnahme allerdings auf das KGW oder das metabolische Körpergewicht bezogen, ließ sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen über die Laktation feststellen. In einer Studie von HAYIRLI et al. (2002) nahmen Kühe in den letzten drei Wochen der Trächtigkeit 1,88% ihres KGW an TS auf, bei Färsen lag die TS-Aufnahme bei durchschnittlich 1,69% ihres KGW. Tatsächlich haben ältere Kühe nicht nur eine höhere TS-Aufnahme, sondern auch einen höheren Abfall in der Futteraufnahme in den letzten drei Wochen der Trächtigkeit. Während dieser Rückgang der

Trockensubstanzaufnahme bei Kühen von 2,06 % auf 1,36 % TS-Aufnahme des KGW betrug, sank die Trockensubstanzaufnahme bei Färsen von Woche 3 a. p. bis Woche 2 a. p. nur von 1,80 auf 1,70 % des KGW, dann folgte allerdings ein rapider Abfall auf 1,23 % in der letzten Woche der Trächtigkeit. Der höhere Rückgang der TS-Aufnahme bei Kühen könnte Ursache für höhere Krankheitsinzidenz bei Kühen sein (HAYIRLI et al. 2002). Das Volumen des Pansens ist immer während der Trächtigkeit durch das wachsende Kalb in der Gebärmutter begrenzt. Nach der Parturition steigt die Kapazität des Pansens innerhalb der ersten zwei Wochen, wobei die Futteraufnahme, während der DMI sich bis zu 10 Wochen p. p. erhöht und das Volumen des Pansens sich nicht mehr ändert. Die Futteraufnahme laktierender Milchkühe wird durch die Dehnung der Reticulo-Pansen durch Energiebedarf und die Füllwirkung beeinflusst. Die Ergebnisse aus einem Fütterungsversuch von AZIZI (2008) beschrieben, dass die durchschnittliche tägliche Gesamtfressdauer und damit die Futteraufnahme in den ersten vier Wochen von ca. 130 auf 180 Min./Tag beträchtlich anstiegen. Ab der 5. Laktationswoche flachte die Entwicklung ab und erreichte nach 10 Laktationswochen 210 Min./Tag. Von der 11. bis 15. Laktationswoche erhöhte sich die tägliche Fressdauer um weitere 20 Min. auf 230 Min./Tag.

Die Inzidenzen bedeutsamer Produktionskrankheiten wie etwa hypocalcämische Gebärparese, Mastitis, Endometritis, Ketose, Labmagenverlagerung, Retentio secundinarum oder Klauenerkrankungen sind beim Laktationsstart am höchsten. Nach einer Untersuchung von FLEISCHER et al. (2001) an 1074 Tieren der Rasse Holstein Friesian erkrankte in Norddeutschland ein hoher Prozentsatz der Milchkühe in jeder Laktation an einer oder mehreren Produktionskrankheiten, und zwar insbesondere während des ersten Drittels der Laktation (*Tabelle 1*). JORDAN und FOURDRAINE (1993) untersuchten das Vorkommen peripartaler Erkrankungen in 61 der besten Milcherzeugungsbetriebe Nordamerikas. Die Daten basieren auf Datenerhebungen der Landwirte. Auffällig waren die großen Spannweiten der Inzidenzen (*Tabelle 2*), die als Indiz für den enormen Einfluss von Managementmaßnahmen auf die Inzidenz von Produktionskrankheiten gewertet werden kann.

Tab. 1: *Inzidenz peripartaler Erkrankungen und Tag der Befundstellung post partum (FLEISCHER et al. 2001)*

Erkrankung	Anteil der erkrankten Kühe [%]	Tag p. p. der Diagnosestellung
Retentio secundinarum	9,9	1
Metritis	22,2	24
Mastitis	25,7	54
Klauenerkrankungen	23,1	76
Hypocalcämie	10,1	1
Ketose	2,2	27
Labmagenverlagerung	1,3	18

Tab. 2: *Mittelwerte und Varianzen der Inzidenzen einiger peripartaler Gesundheitsprobleme (JORDAN und FOURDRAINE 1993)*

Erkrankung	Mittlere Inzidenz [%]	Spannweite [%]
Hypocalcämie	7,2	0 – 44
Labmagenverlagerung	3,3	0 – 14
Ketose	3,7	0 – 20
Retentio secundinarum	9,0	0 – 22
Metritis	12,8	0 – 66

Zur mittelfristigen Einstellung des Stoffwechsels auf den Status der Milchproduktion werden gleichzeitig homöorrhetische Regulations- und Kontrollmechanismen benötigt. So wird es wichtig, praktische Strategien zu entwickeln, die den Kühen einen optimalen Übergang von der Hochträchtigkeit in die Laktation ermöglichen – nur dann werden die Kühe ihr genetisches Leistungspotential während der Früh-laktation voll ausschöpfen (DRACKLEY 2002). Das Prinzip der Homöorrhese beruht auf der Fähigkeit eines Individuums, sich an eine mittelfristig neue, metabolische Konstellation anzupassen, indem es einen bestimmten physiologischen Status, der das Wohlbefinden und die Erhaltung der Art garantiert, durch metabolische und endokrinologische Anpassungsreaktionen herstellt und erhält. Mit der Aufzucht des Nachwuchses und der Versorgung der Art hat die Evolution der Laktation Priorität gegenüber zahlreichen anderen physiologischen Funktionen eingeräumt. Die hepatische Glukosesekretion ist dadurch gesteigert, zeitgleich sinkt der Glukosekonsum im extramammärer Gewebe. Durch den Beginn der Laktation eingeschränkte metabolische und endokrinologische Anpassungsprozesse erlauben damit eine langfristige Umverteilung der Energie und der Nährstoffe im Organismus zugunsten der Milchdrüse („Partitioning“). Die für die Erzeugung von Milch benötigten hohen Mengen an Nährstoffen und Energie erfordern eine abgestimmte Nährstoffverteilung im Organismus („partitioning“). Laktationen des Mammalia setzen somit Adaptionsprozesse voraus, die viele Organsysteme und Körpergewebe betreffen (BAUMAN 2000). *Tabelle 3* zeigt homöorrhetische Anpassungsreaktionen in verschiedenen Geweben oder Prozessen der Milchkuh. Jedes Kilogramm Milch, das während der Früh-laktation täglich weniger produziert wird, geht mit einem Verlust von 200 kg Milch bezogen auf die gesamte Laktationsperiode einher (DRACKLEY 2002). Während der TP auftretende Gesundheitsprobleme führen oft zu einer um 4-8 kg/d geringeren Milchproduktion während der Früh-laktation (WALLACE et al. 1996), welches finanziellen Einbußen in Höhe von bis zu 600 € in der betreffenden Laktation entspricht. Überdies ergeben sich ökonomische Verluste durch die negative Wirkung der Fruchtbarkeit bei Auftreten von Erkrankungen im peripartalen Zeitraum (FERGUSON 2001). Ein nicht ausgewogenes Management während der TP erhöht somit die Futterkosten pro kg erzeugter Milch und verursacht Einkommensverluste infolge einer geringeren Milchleistung, herabgesetzter Fruchtbarkeit sowie vermehrt auftretender Stoffwechselstörungen.

Tab. 3: *Adaptionsreaktionen bei laktierenden Kühen (nach BAUMAN 2000)*

Gewebe/Prozess	Adaptation
Eutergewebe	Blutfluss ↑
	Nährstoffaufnahme und -umsatz ↑
	Synthese Kapazität ↑
Futtermittelaufnahmeverhalten (ZNS)	Futtermittelaufnahme ↑
Verdauungstrakt	Pansengröße ↑
	Resorptionskapazität ↑
	Resorptionsrate Mineralstoffe ↑
Leber	Größe ↑
	Gluconeogenese ↑
	Ketogenese ↑
Fettgewebe	Fettsynthese ↓
	Fettsäuren Reveresterung ↓
	Lipolyse ↑
	Nutzung von Fett als Energiequelle ↑
	Glucoseutilisation ↓
Muskulatur	Glucoseutilisation ↓
	Proteinsynthese ↓
	Proteinmobilisation ↑
Knochen	Calcium- und Phosphormobilisation ↑
Endokrinium	Insulin ↓
	Somatotropin ↑
	Prolactin ↑
andere Körpergewebe	Nutzung von Glucose ↓

So wird es wichtig, praktische Strategien zu entwickeln, die den Kühen einen optimalen Übergang von der Hochträchtigkeit in die Laktation ermöglichen – nur dann werden die Kühe ihr genetisches Leistungspotential während der Frühaktation voll ausschöpfen können (DRACKLEY 2002). Der Verlauf von der Hochträchtigkeit zur Frühaktation geht mit einer deutlichen Änderung im Stoffwechsel einher; viele der notwendigen Adaptionsreaktionen geschehen bereits vor der Abkalbung (GRUMMER 1995). Peripartal ist eine Adaption des Metabolismus durch homöostatische Ausgleichsmechanismen, die kurzfristig den Status des Muttertieres erhalten, notwendig. Ein Ausgleich der Blutglucosemenge durch Glucagon und Insulin ist ein Beispiel dafür.

Der Regulation des Stoffwechsels dienen unterschiedliche, sich ergänzende oder gegenläufig funktionierende Mechanismen. Annähernd 500 g/d Glucose wird weniger aus Propionat hergestellt als wirklich in der ersten Woche nach der Kalbung benötigt wird (DRACKLEY et al. 2001). Dieses Defizit wird wahrscheinlich durch glucoplastische Aminosäuren ausgeglichen. Mit Unterstützung indirekter Methoden stellten OVERTON et al. (1998) in der ersten Woche nach der Kalbung eine dreifach höhere Mobilisierung von Muskelprotein in Gegenüberstellung zu präpartalen Werten fest. Eine Umstellung der physiologischen Entgegnung auf homöostatische Regulationsmechanismen können durch eine veränderte Dichte der Rezeptoren, Unterschiede in deren Affinität zum Liganden bzw. der Bindungskinetik und der intrazellulären Signalvermittlung oder eine Beeinflussung der Aktivität verschiedener Schlüsselenzyme der biochemischen Reaktionsabläufe bedingt sein (BAUMAN 2000). *Tabelle 4* vermittelt Effekte der Stoffwechselwirkung:

Tab. 4: Stoffwechseleigenschaften von Insulin (LÖFFLER und PETRIDES 1997)

Steigerung der Glucoseaufnahme in Muskel-Fettzellen	Blutglucosekonzentration ↓
	Glycogensynthese ↑
	Glycolyse ↑
	Triglyceridsynthese im Fettgewebe ↑
Aktivierung der Glycogensynthase	Glycogensynthese in Leber und
	Skelettmuskulatur ↑
Aktivierung der cAMP-spezifischen Phosphodiesterase	cAMP-Spiegel ↓
	Lipolyse im Fettgewebe ↓
	Glycogensynthese im Leber und
	Skelettmuskel ↑
	Gluconeogenese in Leber ↓
Steigerung des Aminosäuretransports in Muskelzellen	Zelluläre Aminosäurekonzentration ↑
	Proteinsynthese ↑

2.2. Glukose-Stoffwechsel bei Milchkühen

Bei Milchkühen nimmt Glucose im Metabolismus der Milchdrüse eine Schlüsselstellung ein, der Glukoseverbrauch steigt deutlich an. Die für die Laktosesynthese benötigte Glukose wird dem Blut entnommen, während die nötige Galaktose erst im Euter aus Glucose synthetisiert wird. Laktose ist der am stärksten osmotisch wirksame Bestandteil der Milch, aufgrund der Impermeabilität der Vesikelmembran tritt Wasser in die Vesikel ein und wird mit ihrem Inhalt in die Euteralveolen abgegeben (GÜRTLER und SCHWEIGERT 2000). Besonders in der Hochlaktation sind Glukoseverfügbarkeit im Euter und Laktosesyntheserate eine der ausschlaggebenden Bestimmungsgrößen der Milchproduktion (SHENNAN u. PEARKER 2000). Um 1 Liter Milch zu synthetisieren, werden 72 g Glucose benötigt, das bedeutet bei einer Tagesleistung von 50 Litern und einem Laktosegehalt von 4,8% einen Glukoseverbrauch für die Laktogenese von etwa 3,6 kg (MATTHE et al.2000). KANEKO (1997) beziffert den Glukosebedarf absolut und in Relation zur Leistung etwas geringer, eine Kuh mit 12,5 Litern täglicher Milchleistung bedarf etwa 700 g Glucose für die Laktosebildung, dass entspricht 60% des Tagesbedarfes. Bei der Passage des Blutes durch das Euter werden bei der Kuh im Mittel 33% der Glucose dem Blut entzogen, 40-85 % der Glukoseverwertung des Gesamtorganismus entfallen in Abhängigkeit vom Laktationsstadium auf das Euter (GÜRTLER und SCHWEIGERT 2000). Die Glukoseaufnahme in das Eutergewebe geschieht insulinunabhängig und wahrscheinlich mittels mehrfach im Eutergewebe nachgewiesenen GLUT-1- Carriern (SHENNAN u. PEARKER 2000). Ein niedriger Insulinspiegel begünstigt die Verteilung der Nährstoffe zugunsten der Milchdrüse und der Milchleistung bei erhöhter Gefahr einer pathologisch gesteigerten Ketogenese im Lebergewebe (SALLMANN, FUHRMANN 2005). Für laktierende Kühe ist die Glukosebereitstellung besonderes für die Milchdrüse, in der große Mengen des Metaboliten zur Laktosesynthese aufgewendet werden, sowie für die Versorgung des Uterus und das Fötenwachstum von großer Bedeutung. Nach Angaben von BELL (1995) werden bei Milchkühen in der späten Graviditätsphase 46 % der maternalen Blutglucose für die Versorgung des Fötus, bei Frischlaktierenden 85 % der Blutglucose zur Laktosesynthese in der Milchdrüse

verwendet. Nach dem Abkalben nimmt der Glukosebedarf von Milchkühen mit dem Einsetzen der Laktation stark zu (BELL 1995). Das bedeutet, dass der Glukoseverbrauch von täglich 1000 - 1100 g während der letzten 3 Wochen a. p. bis zum 21. Tag p. p. auf 2500 g ansteigt OVERTON (1998) um eine Milchleistung von 25 kg/ d zu erreichen. Nach DRACKLEY et al. (2001) steigt der Bedarf an Glucose und metabolisierbaren Energieträgern im Zeitraum vom 21. Tag a. p. bis 21. Tag p. p. um das Zwei- bis Dreifache. Während der Laktation gilt der Aufbau von Laktose aus Glucose als der die Milchsynthese begrenzende Schritt und damit als ein Schlüssel für hohe Milchleistungen (ROSSOW 2003c; BLUM 2004). In der Milchdrüse wird die Glucose nicht nur zur Laktosesynthese, sondern auch zur Synthese von Glycerin und Fettsäuren genutzt. Die Blutglukosefokussierung scheint bei Milchkühen von der Laktationsnummer sowie dem Leistungsniveau beeinflusst zu werden. Kühe mit höherer Leistung haben niedrigere Plasma-Glukosekonzentrationen. WESTWOOD et al. (2000) zeigten, dass der Tiefpunkt der Glukosekonzentration in der Frühlaktation bei Tieren, die auf hohe Leistungen selektiert waren, später erreicht wurde und das niedrige Konzentrationsniveau länger anhielt als bei Tieren mit niedrigerem Leistungsniveau. In der modernen intensiven Tierproduktion wird der Anteil an stärkereichen Futtermitteln von 58-77 % häufig als Mittel zur Produktionssteigerung der Leistung in Rindermast und Milchwirtschaft eingesetzt. STAUFENBIEL et al. (1992b) sehen in der Glukosekonzentration auch einen Indikator für Fertilitätsstörungen.

LOTTHAMMER (1991) fand negative, korrelative Zusammenhänge zwischen der Glukosekonzentration im Serum und der Inzidenz für Fruchtbarkeitsstörungen wie Ovarialzysten und Brunstlosigkeit. Bei betroffenen Tieren in allen Laktationsphasen wurden niedrigere Glukosekonzentrationen festgestellt, wobei diese in der 4. und 5. Woche p. p. am deutlichsten ausgeprägt waren. Auch wird die Trächtigkeitsrate aus Erstbesamung signifikant von dem Glukosegehalt beeinflusst. Geringe Gehalte in der 2. Woche p. p. (GIGER et al. 1997) bzw. in der 4. - 7. Woche p. p. (FORSHELL et al. 1991) verminderten die Konzeption. Nach Ansicht von BUTLER und SMITH (1989) kann die niedrige Verfügbarkeit von Glucose und Insulin auch zu einem Abfall der LH-Pulsation führen und die Reaktion des Ovars auf die Gonadotropinstimulation hemmen.

Laut ORTIGUES-MARTY et al. (2003) ist die Glucose, ein Kohlenhydrat mit sechs C-Atomen (Hexose), obwohl es nur in sehr geringen Mengen oral aufgenommen, eines der notwendigsten energieliefernden Substrate. Glukose ist für die Bildung kohlenhydratreicher Verbindungen wie Laktose und Glykogen nötig (HOCQUETTE et al. 1998). Für differenzierte Gewebe wie Nervengewebe, Erythrozyten und das Nierenmark ist Glucose essentiell als Energielieferant. Glucose dient der Glykolyse, dem Citratzyklus und in der Atmungskette zum Aufbau von Adenosintriphosphat (ATP) sowie zur Bereitstellung des Reduktionsequivalents NADPH (Nicotinamid-adenindinucleotid-phosphat) (LÖFFLER und PETRIDES 1997). Nach ROSSOW (2003c) werden bei einer laktierenden Milchkuh, die mehr als 35-40 kg Milch/Tag gibt, zwischen 60 % und 70 % der verfügbaren Glukosemenge zur mammären Laktosesynthese, zwischen 20 % und 30 % der den Pentose-Phosphat-Weg zur NADPH-Generierung für die Fettsynthese in Milchdrüse und anderen Körperfettgeweben und geringe Anteile für die Aufrechterhaltung des Zellstoffwechsels lebenswichtiger Organe sowie zur Bildung von Glycerin verwendet. RUSSELL et al. (1986) gibt den notwendigen Glukoseverbrauch des Nierenmarks, Nervengewebes und der Erythrozyten mit $4 \text{ g/kg}^{0,75}$ an. Der Glukosebedarf je kg Milch (Laktosegehalt der Milch 48 g/kg) ist dabei mit etwa 72 g/kg Milch 1,5-mal so hoch wie die Laktoseausscheidung mit der Milch. So muss die 50-Liter-Kuh additiv zu ihrem Grundumsatz täglich ca. 3,6 kg Glucose produzieren (MATTHE et al. 2000). Da aufgrund der osmotischen Wirkung der Glucose die Milchmenge vor allem durch die Laktoseproduktion bestimmt wird, wird der Aufbau von Laktose aus Glukose als der die Milchsynthese begrenzende Schritt angesehen und gilt als Schlüssel für hohe Milchleistungen (BLUM 2004). Die physiologische Blutglukosekonzentration liegt bei gesunden Milchkühen im Bereich von 3,3-4,4 mmol/l (ROSENBERGER et al. 1990) und unterliegt einer ausgeprägten homöostatischen Regulation (NOCEK und TAMMINGA 1991). Teil dieses Regulationsmechanismus ist die Neubildung von Glucose aus Nicht-Kohlenhydrat-Vorstufen, der Gluconeogenese. Die Glucose für die Laktosebildung hat demzufolge verschiedene Quellen, dazu muss der Stoffwechsel funktionieren, wenn die entsprechende Glukosemenge gebildet werden soll (GABEL und VOIGT 2000).

Bei einer täglichen Leistung von 50 kg Milch werden etwa 1700 g Protein, 2400 g Laktose und 2000 g Fett synthetisiert und ausgeschieden. Generell lassen sich zwei Wege der Glukosebereitstellung bei der Milchkuh unterscheiden: die Glukoneogenese in der Leber und die Absorption von Glukose im Darm. Zu Beginn der Laktation ist die Futter- und Energieaufnahme noch gering. Aufgrund einer verringerten Passagerate des Futters im Pansen im Vergleich zur Hochlaktation ist die Abbaurate der Stärke im Pansen erhöht. Es gelangt nur ein geringer Anteil Stärke in den Dünndarm. Dadurch steht weniger Glukose direkt aus dem Verdauungstrakt zur Verfügung. Die Glukoseversorgung der Milchkuh erfolgt daher zu Beginn der Laktation fast ausschließlich aus der Glukoneogenese in der Leber über die Verbindung Oxalacetat. Die direkte Bildung von Glukose aus Pyruvat ist nicht möglich. Aus Pyruvat entsteht mit Hilfe des Enzyms Pyruvat-Carboxylase (PC) Oxalacetat, das anschließend mit Hilfe des Enzyms Phosphoenolpyruvat-Carboxykinase (PEPCK) in Phosphoenolpyruvat umgewandelt und so im Rahmen der Glukoneogenese genutzt werden kann. Einige Substanzen wie Laktat, Propionat, Propylenglykol, Glycerin und Aminosäuren können ebenfalls zur Bildung von Oxalacetat beitragen. Propionat, das beim Kohlenhydratabbau im Pansen gebildet wird, geht über das Zwischenprodukt Succinyl-CoA in den Citratzyklus ein. Pyruvat wird über das Zwischenprodukt Laktat gebildet, und es kann so die Glukoseversorgung der Milchkuh verbessern. Glycerin aus dem Fettabbau kann entweder in Pyruvat umgewandelt oder aber direkt zur Glukosebildung genutzt werden. Aminosäuren aus dem Futterprotein, aus mikrobiellem Protein aus dem Pansen und aus dem Abbau von Körpereiweiß können nach der Desaminierung als Substrate für die Glukoneogenese genutzt werden. Einige Aminosäuren wie Alanin, Glutamat, Glutamin, Serin oder Glycin haben eine glukoplastische Wirkung. Andere Aminosäuren wie Leucin, Lysin, Phenylalanin und Tyrosin hingegen wirken ketoplastisch, da sie in Acetoacetat (Ketonkörper) überführt werden (LÖFFLER und PETRIDES 1997). Dies verdeutlicht, dass einige der als glukoplastisch bekannten Substanzen an unterschiedlichen Stellen in den Intermediärstoffwechsel eintreten. Von besonderer Bedeutung sind Aussagen bezüglich des Ausmaßes der Bildung von Oxalacetat und Glukose aus glukoplastischen Substanzen in der Transitperiode und bei unzureichender Futteraufnahme und damit negativen Energiebilanz.

Diese können beispielsweise anhand der Aktivitäten von PC und PEPCK getroffen werden. VELEZ und DONKIN (2005) fanden heraus, dass bei 5-tägiger Futterrestriktion die Aktivität der PC signifikant ansteigt und bei anschließender Fütterung auf Bedarfsnorm wieder absinkt. Die Aktivität der PEPCK blieb unbeeinflusst. GREENFIELD et al. (2000) stellten eine 7,5 fach erhöhte Aktivität der PC direkt nach der Kalbung fest, während diese nach 28 und 56 Laktationstagen wieder das antepartale Niveau erreichte. Die Aktivität der PEPCK war demgegenüber erst am 28. und 56. Laktationstag erhöht. Diese Ergebnisse zeigen, dass bei Energiemangel durch Erhöhung der Enzymaktivität ein gewisses Kompensationspotential hinsichtlich der Bereitstellung von Oxalacetat und Glukose über die Glukoneogenese (Kompositum aus gluco-Zucker- und dem griechischen neo-jénissis- die Neugeburt, Neuschaffung) insbesondere aus Laktat und Aminosäuren im Stoffwechsel besteht. Zu Beginn der Laktation werden aufgrund der negativen Energiebilanz die Körperfettreserven mobilisiert und es entstehen NEFA. Diese werden schrittweise abgebaut zu Acetyl- CoA und mit Oxalacetat unter Bildung von Citrat in den Citratzyklus aufgenommen. Diesen Weg gehen auch Essigsäure und Buttersäure, die im Pansen gebildet und absorbiert werden. Sind nicht ausreichende Substratmengen zur Bildung von Oxalacetat vorhanden, kann Acetyl-CoA nicht über den Citratzyklus umgesetzt und abgebaut werden. Infolge der gesteigerten Fettmobilisation und der unvollständigen Oxidation im Citratzyklus entstehen die Ketonkörper Acetacetat, Aceton und BHB. Eine verstärkte Anhäufung von Ketonkörpern kann dann zur Ausbildung einer Ketose führen. Dies verdeutlicht die zentrale Stellung von Oxalacetat im Stoffwechsel der Milchkuh. Es stellt die Schlüsselsubstanz in der Energie- und Glukoseversorgung dar. Um Oxalacetat besteht eine Konkurrenz zwischen der Glukoneogenese und dem Citratzyklus, über den die Energiegewinnung aus der Fettsäureoxidation erfolgt.

Der Glukosemetabolismus adulter Wiederkäuer unterscheidet sich in vielerlei Hinsicht von dem der Monogaster. Die Glukosekonzentration im Blut ist bei Milchkühen deutlich geringere als bei monogastrischen Spezies. Beim Monogastrier werden die über die Nahrung aufgenommenen Kohlenhydrate zu Glucose und anderen Monosacchariden abgebaut, die im Darm und in die Pfortader absorbiert

werden, und so als Energiequelle für den Körperstoffwechsel zur Verfügung stehen. Beim Wiederkäuer werden die aufgenommenen Kohlenhydrate im anaeroben Milieu der Vormägen durch mikrobielle Fermentation zu flüchtigen Fettsäuren (v.a. Acetat, Butyrat, Propionat) und Lactat umgesetzt (MURONDOTI et al. 2004).

Die molaren Anteile von mikrobiell erzeugtem Acetat, Propionat und Butyrat, welche aufgrund ihrer Struktur auch als kurzkettige Fettsäuren bezeichnet werden, variieren in Abhängigkeit vom Ernährungszustand und können von 70:20:10 bei einer Heurration bis zu 50:35:15 bei einer Getreideration betragen (JENTSCH und WITTENBURG 1993). Täglich können so ca. 3,0-3,5 kg Acetat, 1,5-3,0 kg Propionat und 1,0-1,5 kg Butyrat gebildet werden (KIRCHGEßNER 1992), bei hohen Milchleistungen sind diese Synthesemengen in Abhängigkeit von Futteraufnahme und Passagerate noch deutlich höher zu kalkulieren. Die kurzkettigen Fettsäuren werden aus dem Rumen absorbiert und stellen die Hauptenergiequelle der Milchkühe und werden bei der Gluconeogenese als auch zur Körper- und MilCHFettsynthese benötigt (VON ENGELHARDT und BREVES 2000). Divergent zu Butyrat und Acetat wird Propionat sofort zur Gluconeogenese verwendet (HERDT 2000). Butyrat, Acetat und andere C₂-Bruchstücke aus dem Lipidstoffwechsel benötigen Oxalacetat, eine Schlüsselsubstanz im Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsel, als Reaktionspartner für die Kondensation zu Citrat und damit für ihren Eintritt in den Citratzyklus. Der rohfaserreich gefütterte Wiederkäuer kann nur eine für den Gesamtorganismus vernachlässigbar kleine Menge der aufgenommenen Glucose direkt über die Pansenepithelien resorbieren (ASCHENBACH et al. 2000 a, b). Die Quantität zur Hydrolyse anflutender Stärke sowie zur Absorption von Glucose im Dünndarm des Wiederkäuers scheint so eher begrenzt zu sein (HUNTINGTON 1997). Milchkühe sind daher zur Sicherung ihres Glucosebedarfs auf die endogene Biosynthese von Glucose aus Nicht-Kohlenhydrat-Vorstufen, die Gluconeogenese, angewiesen. Trotz beträchtlicher homöodynamischer Regulation innerhalb des ersten Laktationsdrittels ist es für eine Hochleistungskuh schwierig, die Glucoseproduktion auf den enormen Verbrauch auszurichten. Die Verfügbarkeit von Glucose wird vor allem durch eine intensivierte Gluconeogenese sowie die Verringerung des Glucoseverbrauchs im extramammären Gewebe ermöglicht (ROSSOW 2003c).

2.3. Beziehung Laktose zu Leistung und Gesundheit

Viele Einflussfaktoren wirken sich in vielfältiger Weise auf die Milchmengenleistung aus. Neben einem markanten Laktationseinfluss (GRABOWSKI 2000) hat das individuelle genetische Leistungsniveau, was auch züchterisch genutzt wird, eine ausgeprägte Beeinflussung auf die Milchmengenleistung. Bei Hochleistungskühen kommt es zu einer Rivalität innerhalb der Milchleistung und der Gesundheit, welches vor allem als Folge einer problematischen Stoffwechsel- und Leberüberlastung mit spezifischen Risiken besonders in den ersten Wochen nach der Geburt zu begreifen ist (LOTTHAMMER 1999). Entsprechend können bei höherer Milchleistung eine Reihe von Körperfunktionen, insbesondere der Leber, der Fortpflanzungsorgane und auch der Immunabwehr, beeinträchtigt werden. Das erhöhte Risiko einer Erkrankung bei hohen Milchmengenleistungen entsteht durch das begrenzte Futteraufnahmevermögen in der Frühlaktation und die damit verbundene Gefahr einer stark defizitären Energieversorgung. Die Versorgung der Hochleistungskühe mit hohen Energiemengen, Glucose und Glukosevorstufen bei gleichzeitig ausreichender Aufnahme an strukturwirksamen Substanzen ist verschiedenartig schwieriger als bei niederleistenden Tieren (FLACHOWSKY et al. 2002). Untersuchungen von REIST et al. (2002) ergaben starke Korrelationen zwischen der Energiebilanz und nicht veresterten Fettsäuren sowie signifikante Zusammenhänge zur Menge an Ketonkörpern, Insulin, zum MilCHFett-, Laktose- und Proteingehalt, Fett-Protein-Verbindungen und anderen Faktoren. Die Auswertungen von Analyseergebnissen sollte in Beziehung mit den Referenzwerten erfolgen, wobei Unterschiede nicht schematisch einzuordnen sind, da der Übergang von „physiologisch unauffällig“ zu „krank“ fließend ist (FÜRLI 2004). Weil außerdem kurzfristig der Stoffwechsel auf diverse intermediär vorliegende Metaboliten zurückzugreifen vermag, resultieren unterschiedlich ausgeprägte Zeitverzögerungen zwischen indizierter Mangelversorgung und tatsächlich reagierenden Stoffwechselmerkmalen. Diese Erkenntnisse aus praktischer und unternehmerischer landwirtschaftlicher Praxis machen es schwer möglich, eine Vorhersage zur zeitnahen Gesundheits- und Leistungssituation der Hochleistungskuh zu machen.

Daher soll diese Arbeit eine genaue Analyse der Milchinhaltsstoffe, insbesondere der Laktose als Schlüsselsubstanz, in Betracht ziehen. Das Leistungspotential einer Milchkuh wird sowohl an der Qualität als auch an der absoluten Menge der erzeugten Milch gemessen. Die Struktur variiert bei leistungsfähigen Tieren in Abhängigkeit von Rasse, Alter, Laktationsstadium, Haltungs- und Fütterungsbedingungen. Hauptinhaltsstoffe sind Fett, Proteine und Laktose. Harnstoff als leicht ermittelbarer minorer Milchbestandteil kann wichtige Informationen über die Energiebilanz bzw. die Eiweißversorgung der Kühe geben (KIELWEIN 1994). Signifikante Niveauveränderungen treten bei den meisten Inhaltsstoffen in auffälliger Weise in Erscheinung, sobald Eutererkrankungen bestehen, währenddessen es zu Verschiebungen in der mammären Synthese- und Sekretionsaktivität sowie der Gewebepermeabilität kommt (KITCHEN 1981). Die einzelnen Komponenten der Milch werden innerhalb der sezernierenden Zelle getrennt gehalten und daher wird Milch nicht gebildet, bis die einzelnen Komponenten das Lumen erreichen, wo sie miteinander vermischt werden. Milcheiweiß wird im endoplasmatischen Retikulum synthetisiert, wo sie in den Golgi-Vesikel (Vakuolen) eingebaut wird. Andere fettfreien Komponenten einschließlich Laktose und Salze werden auch in den Golgi-Vesikel aufgenommen. Die sekretorischen Vesikeln sind separat vom Golgi-Apparat und bewegen sich in Richtung des apikalen Bereichs der Zelle, die Membran umgibt jedes Vesikel und fusioniert mit der Plasmamembran, der Inhalt wird in das Lumen abgegeben. MilCHFett oder Lipide nehmen einen separaten Sekretionsweg im Unterschied zu den fettfreien Milchkomponenten (d.h. Protein und Laktose). Lipid-Moleküle nehmen an Größe zu, wie sie sich bewegen aus dem endoplasmatischen Retikulum in Richtung der apikalen Membran bewegen.

Den Hauptbestandteil der Milchtrockensubstanz bildet Laktose und ist in der Regel in geringen Mengen verfügbar auftretend in Form von laktosehaltigen Oligosacchariden. Sie ist auch der Hauptbestandteil in konzentrierten und dehydrierten Milchprodukten mit vielen Eigenschaften, welches es erfordert, die Laktose genauer zu reflektieren (MORRISSEY 1985). Die Chemie und die wichtigsten Eigenschaften von Laktose wurden bisher sorgfältig über die Jahre recherchiert, und relativ wenig neue Informationen kamen dazu.

Aus diesen Aspekten soll die Arbeit dieses neue Wissen, sowie einige der älteren Literatur bewerten. Der Laktosegehalt in der Milch hängt von solchen Faktoren wie Rasse, Individualität des Tieres, und Milchdrüsen-Entzündungen ab. Der normale Laktosegehalt von Milchkühen liegt im Bereich 4,4% bis 5,2%, somit mit einem Durchschnittsgehalt der Anhydrouselaktose bei 4,8% relativ konstant und reagiert nur sehr wenig auf betriebsspezifische Parameter wie Haltung und Fütterung (DAWSON und ROOK 1972). Für die Höhe der Milchleistung ist demzufolge entscheidend, wie viel Glucose der Milchdrüse für die Synthese des Milchzuckers zur Verfügung steht (HOFFMANN et al. 1984 und VOIGT et al. 2005). Dadurch, dass UDP-D-Galaktose unter Katalyse von Laktose-Synthase zusammentritt, entsteht in der Milchdrüse der Säugetiere Laktose. Für die Aufnahme von Laktose besitzt die überwiegende Zahl der Laktose-nutzenden Bakterien spezielle Transportsysteme, die sich in der Zellmembran befinden. Laktose sorgt durch Osmose für den Zustrom von Wasser und ist somit mitverantwortlich für die Milchmengenleistung.

Bei Milchkühen mit Beeinträchtigungen des Puerperiums konnten durch MARTIN et al. (2006) niedrigere Laktosegehalte festgestellt werden als bei Kühen ohne puerperale Störungen. Der Synthesaufwand für Laktose aus Propionat beträgt 938-1099 kJ/ kg (BERGNER und HOFFMANN 1997, zit. nach HASSELMANN 2005). Kohlenhydrate werden in Form von Glucose transportiert, in Form von Glycogen gespeichert und als Laktose an die Nachkommen weitergegeben (KIRCHGESSNER et al. 2008). Das Disaccharid wird im Dictyosom der sekretorischen Zellen synthetisiert. In Vesikeln vorliegend verursacht die Laktose osmotische Druckdifferenzen zwischen den Vesikeln und dem Zellzytoplasma, durch die es zu einem Wassereinstrom in die Liposomen kommt. Die Höhe des Wassereinflusses manifestiert sich letztendlich in der produzierten Milchmenge. Bei einer kontraktiven Zufuhr von Glukose, aus der die Laktose gebildet wird, sinken der Laktosegehalt und die Milchmenge (LACY-HULBERT et al. 1999). FOX et al. (1985) bekräftigen eine positive Korrelation innerhalb Laktosegehalt und Milchmengenleistung. Die Laktose-Konzentration steigt in den ersten Tagen post partum von drei auf fünf Prozent an und hält dann ein relativ kontinuierliche Ebene von 4,8-4,9 % (GRABOWSKI 2000).

In der Homöostase ist die Blut-Euter-Barriere nahezu undurchlässig für Laktose, nur in der Peripartalphase kann ihre Konzentration so hoch sein, dass Laktose auch über den Harn ausgeschieden wird (PEAKER 1975). Ansonsten kann ein Laktoseanstieg im Harn bzw. ein Abfall in der Milch auf eine durch eine Mastitis verursachte Diskrepanz der Blut-Euter-Barriere hinweisen. Mit zunehmender Laktationsnummer zeigen Kühe gehäuft niedrigere Laktosegehalte in der Milch und erhöhte Gehalte im Harn, was auf die steigende Wahrscheinlichkeit vorangegangener Mastitiden zurückgeführt wird (WHEELOCK und ROOK 1966). Innerhalb des Melkvorgangs fällt die Laktosekonzentration, sie ist im Nachgemelk wesentlich niedriger als im Anfangsgemelk (BANSAL et al. 2005). Die Zeitspanne der Melkdistanz hat geringe potentielle oder effektive Wirkung auf den Laktosegehalt (WANGLER und SCHIMKE 2002). Erst nach sehr langen Zwischenmelkintervallen oder nach häufigerem unvollständigem Melken fällt die Laktosekonzentration ab (WHEELOCK et al. 1965). Bei erhöhten Melkintervallen von 39 Stunden werden fünfzig Prozent der sezernierten Laktosemenge mit dem Harn abgesondert (WHEELOCK und ROOK 1966). Nach RENNER (1975) ist die automatisierte Diagnose des Laktosegehaltes in der Herdensammelmilch und in den Einzelkuhgemelken idealer zur Wahrnehmung sekretorischer Störungen geeignet als die Zellzahl. Bei einem Laktosegrenzwert von 4,55% ist die Falschklassifikationsrate für die Erkennung infizierter Viertel mit 12,7% demnach deutlich geringer als mit Hilfe des Parameters somatische Zellen bei einem Grenzwert von 50.000 Zellen/ml Milch (37,1%). Fundierend auf dem derzeitig empfohlenen Grenzbereich von 100.000 Zellen/ml (DVG 1994) weist Laktose im VGM (Grenzwert 4,7%) mit 60,8% nach NAGase im VAG (71,7%) die höchste Sensitivität bei der Mastitiserfassung auf (KRÖMKER et al. 2001). Die Abweichungen im Laktosegehalt beziehen sich auf niedrige Werte, welche bei einer Energieunterversorgung und bei Funktionsstörungen des Euters zu finden sind, auch wenn diese sich noch nicht klinisch zeigen (FÜRL 1999).

Ziel der Arbeit soll es sein, die Laktose als Schlüsselanzeiger für Stoffwechsel und entzündliche Erkrankungen zu prüfen. Die Rolle der Laktose, wie im Kapitel Stoffwechselsituation und Glucose-Stoffwechsel der Milchkuh herausgearbeitet, hat auch einen direkten Einfluss auf entzündliche Erkrankungen.

Laktose (Glucose-4-beta-D-galactosid) wird durch das Bakterium *Escherichia coli* als seine einzige Kohlenstoffquelle verwendet. Das Bakterium bevorzugt zwei Proteine, die wesentlich speziell für den Stoffwechsel von Laktose benötigt werden. Diese sind eine Galaktosid-Permease, die in der bakteriellen Membran auftritt und den Transport und die Speicherung von Laktose in der Zelle steuert und Beta-Galaktosidase, ein Enzym in der Zelle, welches die Hydrolyse der Laktose katalysiert in seine beiden Komponenten, die Monosaccharide Glukose und Galaktose. Da *E. coli* auf den meisten Kohlenstoffquellen wächst, außer Laktose, sind diese beiden Proteine in sehr geringen Mengen vorhanden. Jedoch in Gegenwart von Laktose wird die Synthese dieser Proteine zum 1000-fachen erhöht. Die "Induktion" von Laktose und bestimmte andere Galaktosiden der Synthese von zwei Proteinen wird durch eine Erhöhung in der Menge von einem dritten Protein, Thiogalaktosid Transacetylase, begleitet (MORRISSEY 1985).

Es ist bekannt, dass die Laktosekonzentration während der klinischen und subklinischen Mastitis verringert wird. Die Reduktion der Laktose-Konzentration in subklinisch infizierten Tieren zeigt, dass die Reaktion auf verminderte Sekretion von Laktose durch diesen Bezug Auswirkungen auf drüsen-bakterielle Infektionen und auf die Milchqualität hat. Diese Parameter beeinflussen die Milchqualität bei Wiederkäuern: Schafe wurden am meisten von bakteriellen Infektionen und Ziegen vor allem am Ende der Laktation betroffen. Studien betonen die Wirksamkeit von Laktose als Prädiktor für die Milchqualität; bei Milchkühen, Schafen und Ziegen war die Korrelation zwischen Laktose und Quark-Festigkeit (CF) höher als jene zwischen Kasein als Prozentsatz der Gesamt-Protein-und CF-oder zwischen Zellzahl und CF. Bei allen drei Tierarten waren 4% Laktosekonzentration mit einer Nicht-Gerinnung der Milch assoziiert - ein Hinweis, der gleichzeitige eine enge Verbindung zwischen der Verminderung der Laktosekonzentration und Milchleistung beschreibt und auf der anderen Seite eine Reduzierung der Laktosekonzentration und Milchqualität.

Es ist selten, dass alle Drüsen von einem Tier subklinisch mit Bakterien infiziert sind. Daher könnte es sich lohnen, die Milch von einzelnen infizierten Drüsen zu trennen, denn diese kann von wirtschaftlicher Bedeutung in der modernen Milchwirtschaft sein, da das Milchgeld abhängig von SCC in der Ablieferungsmilch ist.

Es ist auch so, dass Kühe subklinisch chronische Infektionen tragen und diese zum Ende der Laktation nicht erkannt werden, weil sie keine erkennbaren Symptome haben und die Milch als normal erscheint. Obwohl die Milchleistung von nicht stark subklinisch infizierten Kühen beeinflusst wird, kann dieses Niveau der Infektion noch immer erheblich die Milchqualität und Effizienz beeinträchtigt. Es gibt ebenfalls einen signifikanten Inter-Spezies-Unterschied in der Reaktion auf intramammäre Infektionen und die spätere Laktation. Dieser Effekt ist von Bakterienspezies abhängig, wobei subklinische Infektionen von einigen Arten, wie *Staphylococcus dysgalactiae* und *Escherichia coli* besonders verheerend sind (SILANIKOVE et al 2011).

Während die Auswirkungen von ZNS-Infektionen in der Mitte der Laktation auf die Milchleistung und Qualität signifikant bei Ziegen waren, waren die Reaktionen bei Schafen viel größer. Die physiologische Grundlagen für die Reduzierung der Milchmenge und Qualität unter Einwirkung von intramammären Infektionen und Stress sind schon seit längerem untersucht. Zusammen haben diese Studien gezeigt, dass die enzymatische Hydrolyse von CN durch Plasmin freisetzende Peptide, die als lokale Regulatoren der Brustdrüsenfunktion gelten, verursacht wird. Hervorzuheben ist ein Peptid, das durch die Aktivität von Plasmin ausgebildet wird, b-CN (b-CN f1-28), welches die Milchsekretion verringert. Es reduziert die Ausgabe von Laktose und anderen Komponenten aus den osmotischen Alveolen im Drüsenlumen. Der negative Effekt des Plasmin-Systems auf die Milchqualität ist schon seit langer Zeit bekannt und etabliert. In der Tat ist es ein übertragbares regulatorisches Element (i.e., b-CN f1e28), welches die apikal gelegenen K_p-channels blockiert und somit die Sekretion von Laktose in der Milch betrifft. Die Laktose Konzentration kann daher als ein Marker für die Entzündung und Verschlechterung der Gerinnung von Milchparametern dienen. Individuelle Online-Messungen von Milch-Qualitätsparametern, besonders auf Laktose, ermöglicht Herstellern, Tiere mit niedriger Qualität der Milchleistung zu identifizieren, und so die Anforderungen der Molkereien zu erfüllen. Ein Experiment der Israelischen Veterinärmedizinischen Fakultät Be Tagan hatte die Hypothese bewiesen, dass akuter Stress den oxidativen Stoffwechsel zur Glykolyse verschiebt (SILANIKOVE et al 2011). Zwei Euterviertel in 6 Holstein-Kühen wurden mit Lipopolysaccharid

(LPS) infundiert, während die anderen zwei Viertel als Kontrolle für die Behandlung dienten. Zusätzlich wurden 6 Kühe mit Kochsalzlösung infundiert und dienten als Kontrolle. Das LPS induzierte eine dramatische vorübergehende Erhöhung von Milch-Laktat (75-fach) und Malat (11-fach)-Konzentrationen (beide Marker der Glykolyse) bei 24 h nach der Behandlung. Keine wesentlichen Änderungen in den Laktat- und Malat-Konzentrationen wurden bei den Kontrollversuchen aufgezeichnet, dies zeigt an, dass die Wirkung von LPS auf die behandelte Drüse beschränkt bleibt. Die LPS induziert eine dramatische vorübergehende Abnahme von Milchmenge, Laktose und Citrat (ein Marker der mitochondrialen Stoffwechsels) Sekretion bei 24 h nach der Behandlung. Das in-vitro-Wachstum im Bakterien-Test zeigte, dass die Konzentrationen an Laktat, Malat und Laktose, genau wie in einem vivo-Experiment gefunden wurden, welche das Wachstum eines pathogenen *E. coli*-Stamm reduzierten, was darauf hindeutet, dass sie eine Rolle bei der Verringerung der Vermehrung der Bakterien in der Brustdrüse spielen (SILANIKOVE et al 2011). Nach GOFF (2006) konnten die bis dato erfolgten Forschungen die Relationen zwischen metabolischen Leiden bei Milchkühen und einer herabgesetzten Immunabwehr konkretisieren. Eine Störung in der Immunabwehr kann darüber hinaus zu einer Infektionskrankheit führen. Hinzukommend wurde in etlichen epidemiologischen Studien das existente Risiko einer zusätzlichen Erkrankung bei einer bereits vorhanden metabolischen Störung veranschaulicht. Dass es einen Zusammenhang zwischen diversen Erkrankungen um den Geburtszeitraum sowie den Wirkungen der neutrophilen Granulozyten gibt, wurde von CAI et al. (1994) bestätigt. Die Autoren konnten verschiedene Divergenzen in den Funktionen der Neutrophile bei allen Kühen mit gesundheitlichen Beeinträchtigungen feststellen. Die Chemotaxen der neutrophilen Granulozyten nahm bei Kühen mit einer Retentio secundinarum während der ersten Woche post partum signifikant ab.

In der Phagozytoseaktivität traten dagegen keine Disparitäten zwischen gesunden Kühen und den Kühen mit einer Nachgeburtsverhaltung auf. Vor der Geburt waren die Produktion von Sauerstoffradikalen der Kühe mit einer Gebärmutter-Inflammation und die Chemotaxen der Kühe mit einer Mastitis signifikant geringer. HOLTENIUS et al. (2004) untersuchten in ihrer Abhandlung die Konzentrationen von metabolischen Parametern sowie die Gesamtleukozytenzahl und das Differentialblutbild bei Kühen mit einem niedrigen und hohen jährlichen Potenzial

einer Mastitis. Die Kühe für die Rekognoszierung wurden aus Herden mit einer hohen Milchleistung (> 8100 kg), einer guten Euterkondition und Euterkonstitution (Zellzahl/ Milch) selektiert, die sich in dem jährlichen Vorkommen einer Mastitis abweichend unterschieden. Die nach der Häufigkeit des Auftretens einer Mastitis gebildeten Gruppen zeigten keine signifikanten Disparitäten in der Milchleistung, daher ist auch eine Einzelkuhdiagnose in die Gesundheitsvorhersage einzubeziehen, wie es an *Abbildung 10* bereits in der 1. Woche p. p. deutlich zu erkennen ist. Die Probenentnahme zur Ermittlung der Parameter erfolgte in einem Zeitintervall ab der 3. Woche vor der Geburt bis 15 Wochen nach der Kalbung. Die Daten für die Auswertung wurden in drei Perioden eingeteilt. Diese Beziehung zwischen metabolischen Störungen und einer herabgesetzten Immunabwehr ist bezeichnend für die komplexen Zusammenhänge, denen unsere Hochleistungskühe ausgesetzt sind. Deshalb erfordert es ein „Frühwarnsystem“, welches nicht durch aufwändige Blutuntersuchungen nur den Krankheitszustand feststellt, sondern ein schnelles korrekatives Eingreifen ermöglicht. Für Eutererkrankungen ist folgender Kenntnisstand zu berücksichtigen. Auf Störungen, die z.B. durch Toxine, Traumata oder pathogene Keime ausgelöst werden können, reagiert die Mamma im Rahmen der Infektionsdefensive mit einer Erhöhung der Anzahl somatischer Zellen. Die normale zelluläre Abwehr beginnt schon bei 100.000 Zellen/ml Milch in eine entzündliche Reaktion überzugehen. Ein Anstieg des Zellgehaltes auf mehrere Millionen Zellen pro ml richtet sich nach Intensität und Lokalisation (HAMANN 1992a). Die Limitation innerhalb krank und gesund ist kein statisch erfasster Grenzbereich, sondern muss als gleichmäßiger Übergang angesehen werden. Vor allem auf der Grundlage von Einzeldiagnosen ist es aufgrund der Dynamik des Infektionsablaufes oftmals kaum möglich, eine Differenzierung zwischen gesunden und exemplarisch subklinisch erkrankten Eutervierteln vorzunehmen. Ferner muss bei der Interpretation der Zellzahlkonstatierung berücksichtigt werden, dass auch nicht-inflammatorische Einflüsse für Änderungen der Zellzahl ausschlaggebend sein können (HAMANN 1992b). Eine Reihe von Analysen zeigen, dass die Milchmengenleistung durch Eutererkrankungen beeinflusst wird (GRABOWSKI 2000) und von KOLDEWEIJ et al. (1999) als negative, lineare Korrelation von Milchmenge zur Anzahl somatischer Zellen beschrieben wird.

Für jede Verdoppelung der Zellzahl wurde eine um 0,7 kg geringere Milchmenge pro Tag erfasst (JONES et al. 1984). Zu ähnlichen Ergebnissen kam auch BATRA (1986), der bei einem Anstieg von 200.000 auf 400.000 Zellen pro ml Milch Leistungseinbußen von 0,5 kg pro Tag bei primiparen Tieren und von 0,7 kg pro Tag bei multiparen Kühen erfasste. Bereits auf Viertelniveau sind bei Zellgehalten unter 100.000 Zellen/ml Milchverluste erkennbar (TOLLE et al. 1971). Eine Erhebung über 26 unabhängige Abhandlungen ergab einen medianen mastitisinduzierten Milchmengenrückgang von 23,4%, wobei auf die Gesamtpopulation ein Leistungsverlust auf etwa 5-10% angenommen wird (HOARE 1982). Die von HAMANN und FEHLINGS (2002) bezifferten finanziellen Verluste belaufen sich auf geschätzte 73 bis 145 Euro pro Kuh und Jahr, wobei hochleistende Kühe ein höheres Mastitis Risiko haben als Tiere mit geringerer Milchleistung. Diese milchmengenabhängige Prädisposition wird als eine Konsequenz der Überlastung des vegetativen Leistungsvermögens der Tiere beurteilt (HAMANN und KRÖMKER 1999). Das Vorkommen der Mastitisfälle pro Laktation erhöht sich um 1,4 pro 10 kg Milchleistungssteigerung (LESCOURRET et al. 1995).

Entzündliche Erkrankungen der Milchdrüse aufgrund vorwiegend infektiöser, aber auch traumatischer oder toxischer Ursachen werden als Mastitiden bezeichnet. Eutererkrankungen sind in der Milchrinderhaltung ein Krankheitskomplex, welcher infolge von Milchminderleistungen, der Nichtverwertbarkeit der Milch erkrankter/behandelter Tiere, der Veränderung der Milchezusammensetzung, Medikamenten- und Tierarztkosten, einer Beeinträchtigung der Nutzungsdauer, eines erhöhten Arbeitsaufwandes, sowie schlechterer Fruchtbarkeitsleistungen empfindliche finanzielle Einbußen verursacht. Mastitiden führen weiterhin zu Veränderungen der Zusammensetzung sowie der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Milch, welche sich nachteilig auf die Verarbeitungs- und Produkteigenschaften auswirken. Wegen des weitaus häufigeren Auftretens subklinischer Mastitiden sind insbesondere diese bedeutsam, wobei Mastitiserkrankung in unterschiedlichen Kategorien unterschieden werden (SCHRIFTREIHE LfULG 2011).

2.4. Zusammenhänge zwischen Milchleistung, Stoffwechsel und Gesundheitsstatus

Ein erhebliches Erkrankungsrisiko bei ansteigender Milchleistung wurde schon in vielen Studien erörtert (KLUG et al. 2003). Nach LOTTHAMMER (1999) entsteht die Problematik der Gesundheits- und Fruchtbarkeitsbeeinträchtigungen bei hohen Milchmengenleistungen einerseits durch die beim Rind als Ruminantia begrenzte Futteraufnahmefähigkeit. Es besteht bei der Hochleistungskuh eine Konkurrenzphase innerhalb Milchmengenleistung und Gesundheit als Kausalität einer starken Stoffwechsel- und Leberbelastung mit entsprechenden Belastungen vor allem im Tempus der Hochlaktation in den ersten Wochen post partum. Dadurch kann eine Reihe von Körperreaktionen, vor allem der Leber, der Reproduktionsorgane und auch der Abwehr bei höherer Milchleistung beeinträchtigt werden (LOTTHAMMER 1999). VEERKAMP et al. (1995) erfasste, dass Hochleistungskühe zur Zeit der Früh-laktation an Körperkonstitution verlieren, was unabhängig von einer energiereichen oder energiearmen Fütterung ermittelt wurde. Hierbei konnten GRÖHN et al. (1995) hingegen in ihren Versuchen kein erhöhtes Erkrankungsrisiko bei höheren Milchleistung ermitteln. Durch das Fehlen von Korrelationen zur Milchmengenleistung und der Erkrankungsinzidenz sehen sie die Schlussfolgerung, dass Hochleistungskühe nicht zwanghaft ein erhöhtes Erkrankungsrisiko haben, solange die Haltungsvorfahren und die Fütterung ihren gestiegenen Erwartungen entsprechen. Nach ALAND et al. (2005) haben die wichtigsten Erkrankungen der Kühe in der modernen Milchproduktion multifaktorielle Kausalitäten. Das Immunsystem der einzelnen Tiere spielt in diesem Zusammenhang eine wichtige Rolle. Ist die Immunantwort nicht adäquat, ist das Tier unfähig, sich effizient gegen belastende Einflüsse zu wehren. LOTTHAMMER (1999) analysierte in seinen Studien die Beziehungen zwischen Leistungsniveau, Gesundheit, Fertilität und Nutzungsdauer bei Milchvieh. Der Verfasser konnte einen kontinuierlichen signifikanten Abfall der Erstbesamungsträchtigkeitsergebnisse bei steigender Jahresmilchmengenleistung darstellen. Die Störungen bzw. die Therapie von Stoffwechselbelastungen nahmen mit erhöhter Jahresmilchmengenleistung bis zu der Leistungsgruppe von 9500 bis 11000 kg Jahresmilchleistung permanent zu.

Des Weiteren konnte eine positive Verbindung innerhalb der Herdenleistung und dem Aufkommen von Labmagenverlagerungen erkannt werden. Bezüglich des Nutzungszeitraums ist nach LOTTHAMMER (1999) bei einer hohen Milchmengenleistung in der 1. Laktation ein kürzeres Nutzungsintervall zu erwarten. Eine weitere Studie der Zusammenhänge zwischen Milchleistung und Erkrankungshäufigkeit führten FLEISCHER et al. (2001) durch. In dieser Abhandlung wurden acht Erkrankungskomplexe einbezogen: Gebärmutterentzündung, Nachgeburtsverhaltung, Ovarialzysten, Mastitis, MilCHFieber, Klauenerkrankungen, Ketose und Labmagenverlagerung. Die Datensammlung wurde jeweils für die vorhergehende Laktation und für die Laktation, in der die Erkrankung diagnostiziert wurde, berechnet. In den Milchviehbetrieben divergieren die Milchleistungen von 6389 bis 8635 kg und die Laktationsnummer von 2,2 bis 3,7. Alle ermittelten Störungen wurden im ersten Drittel der Laktation diagnostiziert. Hierbei konnten innerhalb der vorangegangenen 305-Tage-Leistung zwischen Labmagenverlagerung, Ketose, Gebärpause und Mastitis signifikante Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Milchmengenleistung in der aktuell erfassten Laktation wies einen signifikanten Zusammenhang zu Ovarialzysten, Klauenerkrankungen und Gebärpause auf. Die Kalkulation der Wahrscheinlichkeit des Vorkommens einer Erkrankung in Beziehung zur Milchleistung in der 3. Laktation zeigte eine drastische Steigerung der Mastitis und der Ovarialzysten abhängig von der Milchleistung. SEIDLER et al. (1999) stellten mit ihrer Versuchshypothese einer immunologischen Konstellation von Zuchtbullen unter energiedefizitärer Situation die Frage nach Beziehungen zwischen Abwehr- und Leistungsvermögen dar. In einer Studie untersuchten DETILLEUX et al. (1995) immunologische Erkrankungen bei Kühen um den Geburtstermin mit einer Zuchtlinie für eine mittlere und eine hohe Leistung, wobei die Differenz in der Milchleistung zwischen den beiden Gruppen 1500 kg Milch betrug. Den Zusammenhang zwischen Futteraufnahme, Milchmenge und -zusammensetzung, Energieretention, sowie klinisch-chemischen Blutparametern ermittelten TEICHMANN et al. (2002) bei Mutterkühen. LOTTHAMMER (1999) erforschte zwischen dem MilCHFett- und Proteingehalt und der Konzentration von Ketosen eine charakteristische Verbindung. Auffallend war bei einem MilCHFettgehalt von über fünf Prozent, dass in den ersten drei Wochen post partum

ein signifikant höheres Intervall von subklinischen Ketosen bestand. Eine Abhandlung zur Eruierung der Stoffwechselsituation von Herden in Großbritannien führten auch WARD und PARKER (1999) durch. In einer nachfolgenden Studie erforschten sie eventuelle Beziehungen zwischen der Milchleistung der untersuchten Herden und der BHB-Dichte. Eine signifikante Korrelation innerhalb der Leistung und diesem Stoffwechselparameter konnten die Forscher nicht nachweisen. Die postpartal vorkommende negative Energiebilanz bedingt eine Mobilisation aus peripheren Adipozyten auch bei geringen Milchmengenleistungen (LINDENBECK 2010).

2.5. Messmethoden

In modernen Milchviehbetrieben wird zunehmend Informationstechnologie verwendet, um verfahrenstechnische Prozesse zu automatisieren und Systeme zu vernetzen. Das Ziel ist hierbei, einen zusätzlichen Nutzen für Tier, Lebensmittelqualität und Mensch mit der Kenntnis der Rückverfolgbarkeit, Prozesskontrolle und Dokumentation. Maßgeblich ist hierfür eine Verbesserung der Kompatibilität zwischen herstellerspezifischen Lösungen, die diese zur Verarbeitung und zum Austausch der in den einzelnen Systemkomponenten benötigten und generierten Daten verwenden. Zur Standardisierung der Daten-Kommunikation innerhalb landwirtschaftlicher Betriebe wurde der internationale Standard ISOagriNET entwickelt, mit dem Ziel, den Datenaustausch zwischen Geräten im Stall, aber auch zu externen Schnittstellen zu verbessern (PAULSEN et al. 2007). Für die Versuchsauswertung wurde geeignete Sensortechnik der Firma AFIMILK verwendet (KANIYAMATTAM, DE VRIES 2014). Mit AfiLite wurden die Pedometerdaten zur Mobilitätserkennung, konzipiert nach dem Funktionsprinzip von KLINDWORTH, TRINKL, WENDL (2002) aufgezeichnet. AfiLab analysierte die Milchinhaltsstoffe auf Basis der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIR). Die Präzision der IR-spektroskopischen Gehaltsbestimmungen in Milch erfüllt die Anforderungen der internationalen Guideline ISO 9622 / IDF 141. Die Reflektion, Transmission und Transfektion der Messwerte erfolgt während des Milchflusses. Bei dieser quantitativen Analyse von Milch handelt es sich um spektroskopische Techniken im

sichtbaren und nahinfraroten Band, insbesondere für die on-line- bzw. Echtzeit-Beurteilung von Bestandteilen in der Milch während des Melkprozesses. Als Inhaltsstoffe können auch somatische Zellen, Progesteron, Aminosäuren, Harnstoff und Nukleinsäure gemessen werden. Die Verwendung von Nahinfrarot-(NIR) Spektroskopie zum analysieren von Milch ist schon seit Jahrzehnten bekannt, welche TSENKOVA et al. (1999) ausführlich in verwendeten Verfahren beschrieb. Das in den vorliegenden Untersuchungen verwendete Gerät „AfiLab“ zur Datenerfassung arbeitet nach den Patenten LIQUID SAMPLING DEVICE – 1254595 und SPECTROSCOPIC FLUID ANALYZER – 60211010. Zur Einhaltung der Messgenauigkeit wurden die Daten der erfassten Kühe an ein Zentral-Milchlabor geschickt, welches mit FOSS Analytik ausgestattet ist (Präzisionsdaten gemäß Gerätespezifikation des Herstellers FOSS Analytical). Aus den erfassten Spektren der Milchinhaltsstoffe und dem Abgleich aus dem Zentrallabor erfolgte die Kalibration und Validierung für geeignete Modelle durch die Bestimmung einzelner Inhaltsstoffe. Der Abgleich mit dem Zentrallabor erfolgt bei den Geräten (AfiLab) für jedes Melken, bis keine Differenzen vorliegen, dann im Turnus von einem Monat zur Kontrolle der Messgenauigkeit. Nach der Erstellung der Kalibrationen können diese zur NIRS-Online-Schätzung der aktuellen Milchinhaltsstoffe genutzt werden. Sollte es zu Abweichungen der Messgenauigkeit zur FOSS Analyse kommen, wird innerhalb der Online-Analyse eine präzise Schwankung zum vorherigen Tagesgemelk registriert. Somit ist eine Spezifikation der geeigneten Indikatoren für ein verbessertes Herdenmanagement mit Hilfe der NIR Spektroskopie möglich. Da anzunehmen ist, dass die Laktose für eine Modellverwendung nicht ausreicht, wurden weitere Parameter mit in die Datenauswertung mit einbezogen, diese war auch die Leitfähigkeit. Die Messung der Leitfähigkeit variiert in Abhängigkeit von Hersteller, Kuh und Herde in weiten Bereichen und wird nach einem jeweiligen Algorithmus berechnet, somit ist die Erfassung methoden- und technikabhängig. Durch Mastitiden bedingte Gewebeschädigungen und Permeabilitätsveränderungen führen zu Veränderungen der Ionenkonzentrationsverhältnisse. Es kommt zu einem Anstieg der Natrium- und Chlorid-Ionen, während die Kalium- und Laktosekonzentrationen in der Milch sinken. Infolge dessen steigt die elektrische Leitfähigkeit der Milch an. In Abhängigkeit von der Art der Mastitiserreger sind erhebliche Unterschiede der Leitfähigkeitsänderungen festzustellen.

Der Parameter zeigt aufgrund physiologischer Faktoren jedoch auch bei gesunden Milchdrüsen eine erhebliche Variation, die bei dessen Anwendung zur Überwachung der Eutergesundheit zu beachten ist. Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit der Milch zeigen sehr frühzeitig und „sensibel“ Schadwirkungen an, machen aber keine Aussage über dessen Ursache, welche u.a. auch in einer intensiven Brunst, Melkfehlern, subklinischen Ketosen, aber auch in erregerbedingten Schädigungen des Gewebes liegen können. Auch Melkintervall, die Gemelksfraktion, die Allgemeingesundheit der Tiere, das Laktationsstadium und die Rasse werden als Einflussfaktoren auf den Parameter beschrieben. Die elektrische Leitfähigkeit der Milch gesunder Euterviertel weist Werte im Bereich von 4,8-6,2 mS/cm (25°C) auf. Bereiche von 4,5-5,9 mS/cm (20 °C) und Vierteldifferenzen von > 0,5 mS/cm gelten als abnorme Abweichung. Hier ist hinsichtlich der elektrischen Leitfähigkeit insbesondere der Quotient aus dem höchsten und dem niedrigsten Wert eines Tieres (Inter-Quarter Ratio) geeignet zur Einschätzung des Mastitisstatus. Die Werte unterschieden sich signifikant zwischen eutergesunden Tieren ($1,124 \pm 0,004$) und klinischen ($1,369 \pm 0,009$) bzw. subklinischen ($1,182 \pm 0,006$) Mastitiden. Leitfähigkeitswerte über 6,5 mS/cm können als krankhaft angenommen werden. Unterschiede von mehr als 15 % zwischen den Vierteln einer Milchdrüse deuten auf ein Entzündungsgeschehen hin. Einige Studien kommen zu dem Schluss, dass die Leitfähigkeitsmessung in Kombination mit bakteriologischen Untersuchungen zu Laktationsbeginn (1. Laktationswoche) ein gezieltes Erkennen euterkranker Tiere und deren rechtzeitige Behandlung ermöglicht (SCHRIFTREIHE LfULG 2011). Für die Ermittlung praxisrelevanter Modellbindungen wurden auch Variablenkombinationen genutzt, da in der gegenwärtigen Zeit neben dem FEQ auch der Fett-Laktose-Quotient (FLQ) ermittelt wird, der nach REIST et al. (2002) auch ein charakteristischer Indikator für die Energiebilanz sein soll, welcher negativ mit diesem korreliert. Laut STEEN et al. (1996) liegt bei Werten > 0,8 eine Ketose vor. Das Fett-Laktose-Verhältnis hat laut REIST et al. (2002) am meisten Aussagekraft über die Energiebilanz und ist negativ mit ihr korreliert. Ein erhöhter Fett-Laktose-Quotient (>0,81) hängt eng mit erhöhten Ketonkörperkonzentrationen zusammen (REIST et al. 2002). Überdies zeigt sich bei einem Anstieg des Quotienten ein erhebliches Wagnis für Disparitäten des Puerperiums wie Metritiden, verschleppte Uterusinvolution und Ovarialzysten (SCHMAUSSER 2006).

3. Material

3.1. Tierbestand, Haltung und Fütterung

Versuchsbasis:

Die vorliegenden Daten wurden in drei israelischen Herden (durchschnittliche Jahresleistung ca. 12.000 kg Milch) aus dem Jezrael und Jordan Valley im Zeitraum zwischen dem 02.07.2008 und 21.06.2011 erfasst. Die Datenerhebung erfolgte bei laufender Produktion unter Nutzung der in den Betrieben vorliegenden Herdenmanagement-Programme. Neben der praktisch lückenlosen Datenbasis zu Milchmenge und Milchinhaltsstoffen erfolgte die Aufzeichnung zusätzlicher Merkmale und Ereignisse.

Die drei Milchviehbestände werden im Folgenden als Herde I, II und III bezeichnet und für jede der drei Herden gilt, dass sämtliche Datensätze je Melken, je Tag und je Kuh Berücksichtigung fanden. *Tabelle 5* liefert eine Übersicht hinsichtlich der verfügbaren Datenbasis. Die relevanten Herdbuchinformationen werden nach der A4-Methode erfasst, d.h. Herden mit mehr als 150 Kühen unterliegen einer monatlichen Datenaufnahme durch die Israeli Cattle Breeders Association (ICBA).

Tab 5: Übersicht zur Datenbasis

Herde	Laktationen	Herdengröße	Datenverfügbarkeit
I	10	375	16.03.10-21.06.11
II	7	152	02.07.08-31.05.11
III	7	348	23.05.10-21.06.11

Tierbestand:

Die Genetik der israelischen Holsteinkuh wurde durch eine Reihe von Kreuzungen erreicht, basierend auf einer Kreuzung aus Damaskuskuh x HF-Bulle niederländischer Herkunft und nachfolgender Einkreuzungen niederländischer und israelisch-niederländischer Bullen in der F1-, F2- und R2-Stufe. Die heute typische Israelisch-Holstein-Kuh wird hauptsächlich nach Milch- und Reproduktionsleistung gezüchtet und selektiert, wobei 30 bis 35% der Milchkühe auf Grund fehlender Milchleistung, 40% wegen Fruchtbarkeitsmängeln, 15% Abort- und 10% Mastitisbedingt ausgesondert werden. Wie in *Tabelle A 1 (siehe Anhang)* zu erkennen liegt ein hohes Leistungsniveau der israelischen Herden vor.

Haltung:

Die Haltung der Tiere fand in offenen Liegeboxenlaufställen statt. Die Stallgrundflächen sind mit Wellblech überdacht und mit Windnetzen ausgestattet, Futtertisch und Fressgang sind betoniert und hinter dem Fressgitter befinden sich Spaltenböden, um den Dung während der Fütterung aufzufangen. Bei der anfallenden Gülle werden die Feststoffe getrocknet und als Einstreu verwendet.

Einer Kuh stehen 20m² Liegefläche zur Verfügung. Die Liegeflächen bestehen nur aus Erde und durch das heiße Klima getrocknetem Mist, welcher während des Melkens nur einmal durchgegrubbert wird. Um trockene Flächen zu gewährleisten, werden diese bei hoher Feuchtigkeit mit recyceltem Papiergranulat bestreut.

Das Melken erfolgte in Doppel-8er- und 18er-Fischgräten-Melkständen mit Frontaustrieb, Kuherkennung und Abnahmeautomatik, ausgerüstet mit Technik der Firma Afimilk. Gemolken wurden die Kühe dreimal täglich zu etwa den gleichen Zeiten um (05:30, 12:30, und 21:30 h). In Herde II wurde während der Spätlaktation auf zwei Melkzeiten umgestellt.

Fütterung:

Einmal täglich wurde eine Gesamtmischration (TMR) vorgelegt, deren Rationskomponenten im Anhang unter „Kennwerte Fütterung“ aufgeführt sind (*siehe Anhang Tab. A 2: Ration nach SALOMON 2011*). Die Fütterung der Herde erfolgte in 3 Gruppen (Färsen, Früh-laktation, Hochleistende Kühe) - als TMR + Mischungen (*siehe Anhang, „Kennwerte zur Fütterung“*), koordiniert durch die Ambar Feed Centers. Die Futtervorlage war auf eine ad libitum-Fütterung ausgerichtet und erfolgte über Futtertröge (Tier-Fressplatz-Verhältnis: 1:1), zu denen die Kühe zu jeder Zeit Zutritt hatten, ausgenommen die Zeit des Melkens sowie des Futteraustauschs. Vor der Fütterung wurden die Tröge täglich von Futterresten gereinigt. Jeder Kuh stand im Durchschnitt mindestens 10cm Wassertroglänge zur Verfügung, welche hauptsächlich an den Fressgittern und hinter dem Melkstandaustrieb positioniert sind. Die Futtervorlage der täglichen Rationen erfolgte über die Zeit der Datenaufnahme nach Fütterungsgruppen, zusammengestellt in Abhängigkeit der gleichgewichteten Entscheidungskriterien „Laktationstage“ und „aktuelle Milchleistung“. Die Rationen wiesen je kg Trockensubstanz einen durchschnittlichen Energiegehalt von ca. 6,9 MJ NEL sowie einen durchschnittlichen Rohproteingehalt von 167 g und einen Rohfasergehalt von 175 g auf, wöchentlich überprüft durch chemisch-analytische Untersuchungen gemäß der Methodensammlung des VDLUFA (NAUMANN und BASSLER 2000).

3.2. Leistungsparameter

3.2.1. Herde I

Die lückenlose Primärdatenerfassung erstreckte sich über einen Zeitraum von 463 Tagen, woraus insgesamt 23567 Datensätze einzelner Melkungen von 375 Kühen über 10 Laktationen resultierten. Die mittlere Laktationszahl lag bei 2,9. Die Milchmenge, Milchinhaltsstoffe, Leitfähigkeit, Mobilität und Blutgehalt wurden als Tageswerte erfasst.

Gleichzeitig erfolgte lückenlos über den gesamten Zeitraum täglich die Aufzeichnung von Krankheiten, sowie sonstigen Vorfällen für das jeweilige Einzeltier mittels Herdendokumentation sowie Herden-Management-Software. Für den Berechnungszeitraum wurden 119667 Beobachtungen ausgewertet. Die für die Auswertung verwendeten Kühe hatten die Kuhnummern von 3970 bis 5151.

Tab. 6: Leistungswerte der Herde I

	Mean	Median	Spannweite	Variations- koeffizient	Standard- abweichung
Milchmenge (kg/d)	38,05	37,30	76,8	25,77	9,80
Fettgehalt (%)	3,56	9,30	8,42	19,05	0,68
Proteingehalt (%)	3,17	3,19	2,96	11,26	0,36
Laktosegehalt (%)	4,80	4,81	6,82	3,90	0,19
Leitfähigkeit (mmho/cm)	9,95	9,80	14,97	10,78	1,07
Schrittzahl (je d)	214,2	202,0	1416	37,29	79,9

3.2.2. Herde II

Von insgesamt 152 Kühen liegen Datensätze vor, die sich über einen Zeitraum von 1147 Tagen und 7 Laktationen erstrecken und so war eine Anzahl von 65532 Beobachtungen vorhanden. Die durchschnittliche Nutzungsdauer in Herde II liegt bei rund 3,1 Laktationen, lückenlos im Herdenmanagementprogramm dokumentiert. Die Kuhnummern der verwendeten Kühe waren 4180 bis 4848.

Tab. 7: Leistungskennwerte der Herde II

	Mean	Median	Spannweite	Variations- koeffizient	Standard- abweichung
Milchmenge (kg/d)	36,65	36,62	90,18	29,84	10,94
Fettgehalt (%)	3,62	3,58	7,74	14,04	0,51
Proteingehalt (%)	3,29	3,25	13,22	10,72	0,35
Laktosegehalt (%)	4,73	4,76	6,24	4,77	0,22
Leitfähigkeit (mmho/cm)	11,28	10,98	17,25	13,22	1,49
Schrittzahl (je d)	178,2	167,0	1497	36,69	65,4

3.2.3. Herde III

In diesem Zeitraum (23.05.10-21.06.11) lag die mittlere Laktationszahl bei 3,0, mit 396 Tagen und 348 Tieren in 7 Laktationen vor. Für den Berechnungszeitraum sind 98930 Beobachtungen lückenlos zur Auswertung vorhanden. Die für die Analyse verwendeten Kühe hatten die Kuhnummern von 401 bis 8580.

Tab. 8: Leistungskennwerte der Herde III

	Mean	Median	Spannweite	Variations- koeffizient	Standard- abweichung
Milchmenge (kg/d)	36,23	35,99	76,85	25,11	9,09
Fettgehalt (%)	3,65	3,59	8,42	16,65	0,61
Proteingehalt (%)	3,20	3,21	10,48	10,30	0,33
Laktosegehalt (%)	4,79	4,81	6,82	5,06	0,24
Leitfähigkeit (mmho/cm)	9,85	18,52	14,97	9,42	0,93
Schrittzahl (je d)	164,8	135,4,0	1416	37,07	61,09

3.3. Primärdatenaufnahme und Datenaufbereitung

Die Primärdatenaufnahme aus den Messeinrichtungen erfolgte für die hier ausgewerteten Untersuchungen mit dem NOA – The Israeli Dairy Herd Management Programm, entwickelt von der Israeli Cattle Breeders Association (ICBA). Es wurden hierfür die benötigten Daten aus den entsprechenden Bereichen verwertet:

1. Herden-Management: Laktation-, Produktion-, Reproduktion- und Kontrolldaten.
2. Tierärztliche Daten: Diagnose-, Behandlungs- und Medikationsprotokolle.
3. Fütterung: Rationszusammensetzung, Futtermittelproduktion und TMR-Planung, Lagerverwaltung

Für die Primärerfassung serieller Daten standen geeignete Sensoren der Firma AFIMILK zur Verfügung, welche auch KANIYAMATTAM (2014) in aktuellen Untersuchungen bestätigte:

1. AfiLab - Real-Time Milk Analysis
2. AfiLite T - Pedometer Plus

In einem Datensatz wurden die Merkmale tierspezifisch pro Tag zusammengefasst. Als monatliche Laborwerte der ICBA waren darüber hinaus weitere Kennzahlen zur Milchbeschaffenheit (*siehe Anhang „Milchbeschaffenheit“*) verfügbar. Ebenfalls dem herdenspezifischen Datenpool zugeordnet wurden die Daten für die Erkennung von Ereignissen und Erkrankungen, geordnet nach Brunst (BRU), Durchfall (DIA), Endometritis (END), Fieber (FIE), Infektionen (INF), Verletzungen (INJ), Klauen-erkrankungen (LAH), Mastitis (MAS), Stress (STR) und Stoffwechselerkrankungen (STW) zusammengefasst (*siehe Tab. 9: Einteilung der Ereignisse*). Bei dieser Einteilung wurde sich an JORDAN und FOURDRAINE (1993), sowie FLEISCHER et al. (2001) wie in Tabellen 1 und 2 beschrieben orientiert. Zusätzlich wurden die Pedometerdaten zur Mobilitätserkennung in die Datenbank eingelesen. Mit Hilfe der Ausgangsmessungen wurden zunächst die Fett-, Protein- und Laktosekonzentration (%/d) in Fett-, Protein- und Laktosemengen (kg/d) umgerechnet. Um die Gesamtsynthese besser beschreiben zu können, wurden Fett, Eiweiß und Laktose unter sich in Konzentration sowie in entsprechender Kombination mit der Milchmenge (kg/d) summiert, wie in den Tabellen (*siehe Anhang Tab. A 3 - A 5 Deskriptive Statistik*) ausgewiesen.

Tab. 9: Einteilung der Ereignisse

Event	Dokumentiert als:
Mastitis (MAS)	Klinische und septische Mastitis
Verletzungen (INR)	Zitzen- und Euterverletzungen, innerliche und äußerliche Verletzungen
Infektion (INF)	Panaritium, Pyelonephritis, Behandlung mit Penicillin und Streptomycin, Intramammäre und intramuskuläre Medikation durch Injektion, andere Infektions-krankheiten, Infektionen durch Staphylokokken oder Bakterielle Mischinfektion
Stoffwechsel (STW)	Ketose, Azidose, Verstopfung, andere Stoffwechselprobleme, Propylenglykol und Bicarbonat
Stress (STR)	Impfungen, Infusionen, Gruppenwechsel, Klauenpflege, Enthornen und tierärztliche Eingriffe, Behandlungen oder Operationen
Fieber (FIE)	Gebärparese, Milchfieber, kurzfristige und langfristige Fieber
Klauenerkrankungen (LAH)	Lähmungen, Montelaro, Hufrehe und sonstige Hufentzündungen
Brunst (BRU)	Brunst, vor und nach der Brunst
Diarrhoe (DIA)	Durchfall
Endometritis (END)	Endometritis

In einem weiteren Schritt wurden als Indikatoren für veränderte Stoffwechselabläufe der Fett-Protein-Quotient, sowie Fett-Laktose-Quotient berechnet. Daraus ergaben sich sowohl absolute als auch relative Kennwerte, um eine feste Größe zur Erkennung von Zusammenhängen mit den Milchinhaltsstoffen zu erhalten. Zur Ermittlung des täglichen Herdendurchschnittes wurden sämtliche Einzeltierdaten vom 12. bis einschließlich 400. Laktationstag zusammengetragen. Dann erfolgte die Berechnung von Mittelwert, Varianz, Standardabweichung, erstem Quartil, drittem Quartil, Spannweite, Minimum, Maximum, welche jeweils pro Merkmal für jede Betriebs-/Laktationseinteilung der Herden vorgenommen wurde. Die entsprechenden Kennwerte wurden miteinander über die einzelnen Laktationen hinweg verglichen. Zur Aufbereitung und Auswertung der Daten und Grafiken mit Hilfe des Programmpaket SAS 9.2. (SAS Institute Inc. 2003) sowie die Excel-Version 2007 des Programmpaketes Office 2007 (Microsoft Office 2007 Professional).

3.4. Methode

3.4.1. Deskriptive Statistik

Zielstellung I und II betreffend:

Der Parameter Laktosegehalt wurde in der Datenvorbereitung dahingehend geprüft, um ihn in der Modellverwendung einzubringen, ob dieser zur Gesundheits- und Leistungsvorhersage ausreicht oder welche zusätzlichen Merkmale für eine Modellverwendung von Bedeutung sein könnten (weitere Faktoren waren Fett, Protein, Milchmenge, Schritte, Leitfähigkeit, Laktationszahl und Laktationstag). Der ausgewertete Datenumfang entstammt Herde II mit 152 Kühen der zweiten bis achten Laktation über 1147 Laktationstage. Daraus ergab sich für den Modellvergleich eine Quantität von 62649 Datenbeobachtungen. Zur Verteilung der Werte bei Erkrankungen oder Ereignissen wurden die Werte mit einer Tageserkennung versehen, d.h. ein Event wurde für den entsprechenden Tag mit einer 1 versehen und so zur entsprechenden Erkrankung und dem Merkmal sortiert. Kühe und Ereignisse ohne Dokumentation wurden mit einer Null gekennzeichnet.

Zur Übersicht der Datenverteilung zu den jeweiligen Events wurden N, MW, STD, Q5%, Q25%, Q75%, Q95% ermittelt, und zwar für die Merkmale oder Faktoren, die einen Einfluss auf die zu beobachtenden Ereignisse haben könnten (*siehe Anhang Tab. A 6 – A 14: Kennzahlen des Merkmals getrennt nach Ereignis*). Anhand dieser Informationen sollte es möglich sein, die entsprechenden Grenzen festzulegen, um Ausreißer zu identifizieren. Zur Darstellung der Erkrankungen für die entsprechenden Parameter erwies sich die Explorative Statistik mit Hilfe von Box-Plots als geeignet. Das Stiel- und Blatt-Anzeigeformat und das Histogramm geben einen visuellen Eindruck des Datensatzes, wobei Mittelwert und Standardabweichung quantitative Informationen über spezifische Merkmale der Daten liefern. Der Box Plot ist eine grafische Darstellung, der gleichzeitig wichtige Merkmale der Daten angezeigt, wie Tendenz, Ausbreitung und Variabilität des Merkmals. Abweichung von der Symmetrie und Identifizierung von Beobachtungen, die ungewöhnlich weit von der Masse der Daten liegen, werden oft als "Ausreißer" bezeichnet (MONTGOMERY 2013).

3.4.2. Analytische Statistik

Für die Entwicklung eines Modells zur Vorhersage war es nötig, herdenbezogen den Verlauf des Laktosegehalts über die Laktation darzustellen, um die jeweiligen Abweichungen im Modell zu klären. Aus der Modellberechnung der Laktosekurve nach Ansätzen zur Modellierung von Laktationskurven nach ALI und SCHAEFFER (1987) wurde der Verlauf der Laktosegehaltskurve im linearen Modell mit geeigneten Kovariablen gebildet. So zeigt die Laktosekonzentration einen linearen Verlauf nach einer vernachlässigbaren Steigung ab dem 12. Laktationstag. Hierbei stellt der Erwartungswert auch den Mittelwert der jeweiligen Kuh dar. Zur Vorabanalyse wurde mit dem Modell I mithilfe der Varianzanalyse geprüft, ob Laktation, Laktationstag, Milchmenge und Ereignisse als Faktoren einen Einfluss auf die Zielvariable Laktose haben und eine Vorhersage über die Laktose möglich ist. Bei Varianzanalysen erfolgte die Überprüfung der Varianzgleichheit anhand des F-Testes mit entsprechenden Fragestellungen. Für die Hypothesentestung zur Identifizierung von möglichen Einflüssen von einzelnen Merkmalen auf die Messvariablen wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ festgelegt, d.h. bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner gleich 5 % ($p \leq 0,05$) wurden die Ergebnisse als statistisch signifikant bezeichnet. Für alle Merkmale wurden die adjustierten Erwartungswerte (Least Square Means LSM) und deren Standardfehler geschätzt. Für die Kovarianzanalyse wurde die SAS-Prozedur Proc MIXED mit der Restricted Maximum Likelihood (REML) genutzt. Allgemein wird eine metrische Variable Y (z.B. Laktose) betrachtet, die von einer weiteren Variablen X (z.B. Milchmenge, Tag, usw.) abhängt, d.h. es ergibt sich eine Abhängigkeit der Laktose zur Milchmenge, Laktation, Laktationstag und zu anderen zufälligen Effekten. Als Einflussfaktoren auf die tierspezifische Laktosekonzentration wurden Laktationsnummer, Testtag, Laktationstag, Milchmenge und Ereignis (Event) verwendet. Für das Modell I wurden die Werte ab dem 12. Laktationstag geschätzt, auch mit dem Hintergrund, dass die Laktosekonzentration in der ersten Laktationswoche noch keine konstanten und zu niedrigen Werte aufweist.

Mit den vorhandenen Daten wurde das Modell für die Laktosekonzentration bis zum Zeitpunkt t geschätzt und es wird eine Vorhersage für den Zeitpunkt $t+1$ auf Grund dieses Modells berechnet; später wird die tatsächliche Laktosekonzentration zum Zeitpunkt $t+1$ mit dieser verglichen. Um später zu prüfen, ob es eine betriebsspezifische Signifikanz gibt, wurden die Datensätze der anderen Herden mit dem Betriebseffekt einbezogen. Für die einzelnen Ereignisse (Events), deren Einfluss geschätzt worden ist, wurden parallel zu Laktationstag, Kuhnummer und Inhaltsstoffen zusätzliche Variablen angelegt (*siehe Modell I: $k-t=0; 1$*). Die binären Variablen mit den Ausprägungen waren dann entweder 0 (wenn die Kategorie bei einer Kuh an einem Tag nicht gegeben ist) oder 1 (wenn die Kategorie für eine Kuh an einem Tag zutrifft).

Modell I:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + Tt_j + (MST_k + BRU_u + STW_m + END_n + DIA_o + FIE_p + INF_q + STR_r + LAH_s + INJ_t) + \alpha * MM + \beta * Lt + K_l + e_{ijkl} \text{ (modifiziert nach SCHUMACHER 2004)}$$

Y = Beobachtungswert (Laktose)

μ = reelles Allgemeinmittel

Feste Stufenefekte (Klasseneffekte):

P = Laktation (Parity)

Tt = Testtag (Kalendertag)

$MST_k + BRU_u + STW_m + END_n + DIA_o$
+ $FIE_p + INF_q + STR_r + LAH_s + INJ_t$

Zufälliger Klasseneffekt:

K = Kuh

Herde I: $l = 1 \dots 375$

Herde II: $l = 1 \dots 152$

Herde III: $l = 1 \dots 348$

$i = 1 \dots 10$

j = Kalendertag (Siehe Material Herde) $k-t = 0; 1$

Regressionsteil:

MM = Milchmenge

Lt = Laktationstag (12...400)

α und β = Schätzer feste Effekte

e = unabhängige $N(0; \sigma^2_{ijkl})$ –

verteilte Fehlerzufallsvariablen mit σ^2

$_{ijkl} = \sigma^2$ (Homoskedastizität), unbekannt

3.4.3. Klassifizierung der Erkrankungen und Ereignisse

Zielstellung III betreffend:

Für die Prüfung von Effekten als Ausgangsbasis für die Entwicklung eines Algorithmus zur Prädiktion und der Berechnung statistischer Gütekriterien von Klassifikationen (DRECHSLER 2010) erfolgte die Bewertung der Nützlichkeit einzelner Merkmale für die Prädiktion anhand der Erkennungsraten. Ein einzelnes Merkmal ist folglich oft nicht ausreichend, weshalb verschiedene Kombinationen von Variablen analysiert werden, um herauszufinden, ob die alleinige Betrachtung des Laktosegehaltes ausreicht. Für die Berechnung des gemischt linearen Modells wurden bei jedem Durchgang drei Werte zur Bildung des Intervalls erzeugt. Die erzeugten Schätzer waren die oberen und unteren Grenzen des Intervalls sowie der Wert mit den tatsächlichen Messwerten nach Kuh und Tag. Dieses war notwendig, um die Differenz zwischen Vorhersage und tatsächlichem Wert zu berechnen, d.h. liegt der beobachtete Wert innerhalb oder außerhalb des gebildeten Intervalls. Die Effektschätzer wurden für jedes Tier und jeden Tag und für den nächsten Tag (d.h. Laktationstag+1) zusammengerechnet und bildeten die Grundlage für die Sensitivitätsanalyse, um die Empfindlichkeit für die Änderung von unteren und oberen Grenzen des Intervalls zu ermitteln. Die Sensitivitätsanalyse vermittelt, wie sehr Abweichungen bei den Eingangsvoraussetzungen ein Ergebnis beeinflussen, also wie sensibel ein System reagiert. Die Sensitivität gibt den Anteil der wahr positiven an der Summe aller positiven Diagnosen an und bildet damit ein Maß für die Zuverlässigkeit von „Nicht-Alarmen“ (KÖHLER 2003). Die Abweichungen wurden in Abhängigkeit von den Events nach gleichmäßigen und signifikanten Differenzen gefiltert und überprüft, ob an den Eventtagen Abweichungen zustande kommen (Erkennungsalgorithmus) und ob Abweichungen an Tagen auftreten, die keine besonderen Events verzeichneten (Fehleralarme). Diese Abweichungen beziehen sich auf den Erwartungswert. Zur Darstellung der Häufigkeitsverteilungen der betrachteten Merkmale wurden entsprechende Tabellen erzeugt, um einen Überblick zu schaffen, ob sich die Laktose zur Erkennung von Komplikationen bei Milchkühen eignet.

Die beschriebenen qualitativ nominalen Merkmale (Mastitis, Infektionen, Stoffwechselprobleme, Stress, Brunst, Endometritis, Klauenerkrankungen, Verletzungen) wurden in Beziehung zu den jeweiligen Veränderungen der Laktosewerte, d.h. in Schritten bei Veränderungen von 0,1% Punkten ab 0,5 bis - 0,5% Punkten gesetzt und klassifiziert. Hierbei ist nach einer möglichst hohen Erkennungs- und möglichst niedrigen Fehlerrate bei hoher Spezifität zu suchen. Erkennungs- und Fehlerraten werden vor allem durch das Setzen des Grenzwertes bestimmt. Wählt man z.B. den Grenzwert niedrig, so sind infolgedessen Anomalien zu erkennen, die sonst nicht zu erkennen sind. Andererseits geht damit auch eine erhöhte Anzahl an Fehlalarmen einher, somit wird die Fehlerrate negativ beeinflusst. Durch einen hohen Grenzwert kann man zwar eine niedrige Fehlerrate erreichen, aber so werden auch weniger Alarme ausgewiesen und Kühe mit tatsächlichen Erkrankungen werden nicht erkannt. Bei einer niedrigen Basisrate oder Grundgesamtheit wird die Spezifität wegen der zu erwartenden hohen Anzahl der wahr negativen Entscheidungen stets recht hoch sein.

Klassifizierung der einzelnen Entscheidungen in vier Gruppen (KÖHLER 2003):

(1) Wahr positiv (true positive, TP): ein Ausgabewert, der einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, stimmt mit einem vorliegenden Ereignis überein.

(2) Falsch positiv (false positive, FP): ein Ausgabewert, der einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet, tritt ohne eine vorliegende Anomalie auf.

(3) Wahr negativ (true negative, TN): ein Ausgabewert überschreitet einen vorgegebenen Grenzwert nicht und es liegt kein Ereignis vor.

(4) Falsch negativ (false negative, FN): obwohl ein Ereignis vorliegt, überschreitet ein Ausgabewert einen vorgegebenen Grenzwert nicht.

Die Erkennungsrate in Prozent ist definiert als der Anteil der Kühe, die einen richtigen Alarm auslösen, an den insgesamt vorhandenen Ausreißern:

$$\text{Erkennungsrate (ER)} = \frac{TP}{(TP + FN)} \cdot 100$$

Die Fehlerrate in Prozent ist gegeben als Anteil der falschen Alarmer an den insgesamt auftretenden Alarmen:

$$\text{Fehlerrate (FR)} = \frac{FP}{(FP + TP)} \cdot 100$$

Die Spezifität schließlich gibt die Relation der wahr negativen Fälle zur Gesamtzahl der Kühe ohne Anomalie wieder:

$$\text{Spezifität (SP)} = \frac{TN}{(FP + TN)} \cdot 100$$

3.4.4. Modelle zur Vorhersage

Zielstellung IV betreffend:

Für die Bildung bzw. Anpassung eines geeigneten Modells für eine herden- und tierspezifische Vorhersage fanden verschiedene Ansätze in Bezug auf andere messbare Faktoren Berücksichtigung.

Um eine Eignung diverser Faktoren zur Gesundheits- und Leistungsvorhersage zu prüfen, wurde hierfür das Modell II angewendet.

Die beobachteten Merkmale die vorhergesagt wurden, waren dann:

- Laktosemenge (L) und
Laktose-Konzentration (L%)
- Laktose+Fettmenge (LF) und
Laktose+Fett-Konzentration (LF%)
- Laktose+Eiweißmenge (LE) und
Laktose+Eiweiß-Konzentration (LE%)
- Laktose+Fett+Eiweißmenge (LFE) und
Laktose+Fett+Eiweiß-Konzentration (LFE%)
- Fett-Eiweiß-Quotient (F:E)
- Fett-Laktose-Quotient (F:L)
- Leitfähigkeit (EC)
- Mobilität (STP)

**Siehe Tab. A 3 – A 5 (Deskriptive Statistik Herde I-III)*

Modell II:

$$Y_{ijkl} = \mu + P_i + T_t + (MST_k + BRU_u + STW_m + END_n + DIA_o + FIE_p + INF_q + STR_r + LAH_s + INJ_t) + \alpha * MM + \beta * Lt + K_l + e_{ijkl}$$

Die Modellbildung erfolgte wie in Modell I nur mit dem Unterschied, dass die jeweiligen Beobachtungswerte waren:

$$Y = (L, L\%, LF, LF\%, LE, LE\%, LFE, LFE\%, F: E, F: L, EC \text{ und } STP).$$

Zur Identifizierung von möglichen Einflüssen von einzelnen Faktoren auf die Messvariablen wurde wie in *Abschnitt 3.4.2. Analytische Statistik* beschrieben, vorgegangen. Wichtig war hierbei die Angabe der Schätzer für die Effekte im Modell oder Schätzwerte für Differenzen zwischen Faktorstufen zur Festlegung der Grenzwerte oder Alarme für die Klassifizierung. Zur Berechnung der Erkennungsraten für die entsprechenden Events wurden dann bevorzugte Variablen verwendet, bei denen die kausale Vermutung zur Erkrankung, Laktationstag, Laktation, Melktag und Milchmenge gegeben war. Die Analyse erfolgte für alle drei Herden und als Gesamtherde, mit Herdeneffekt.

3.4.5. Erkennung der Abweichungen mit Exponentially Weighted Moving Average - Charts

Das EWMA als Vorhersagemodell wird in erster Linie als ein statistisches Prozess-Monitoring-Hilfsmittel diskutiert und als Zeitreihenmodellierung des gewichteten Durchschnitts aller vergangenen und gegenwärtigen Werte angesehen, sowie als Grundlage für einen dynamischen Prozess-Regelalgorithmus verwendet (MONTGOMERY 2013). Für die Erfassung der Abweichungen der verwendeten Variablen und Parameter mit einem EWMA-Chart galt es, aussagekräftige Hinweise zu bekommen, ab welchem Tag mit welchem Faktor eine Disparität auftritt. Zur Festlegung des geeigneten Datenvorlaufs zur Berechnung der Schätzer wurde ein Datenvorlauf von max. 90, 60 und 30 Tagen verglichen. Dabei waren geringere Fehlerraten bei einem Datenvorlauf von 30 Tagen ermittelt worden, sodass dieser Datenvorlauf für weitere Berechnungen verwendet wurde. Hierbei wurde der Gewichtungsfaktor λ für eine stärkere Gewichtung von aktuellen oder zurückliegenden Beobachtungen von 0,65 bis 0,95 in 0,05-Schritten variiert. Wenn aktuelle Werte stärker betont werden sollen, dann verwendet man also eine Gewichtung von 0,95, bei historischen Werten verschiebt man dann in Richtung 0,65. Ebenso wurde der L-Wert zur Vorgabe eines Grenzwertes nahe oder weiter entfernt vom Mittelwert variiert, und zwar von 1 bis 4 in Schritten von einem Faktor zur Multiplikation. Eine hohe Erkennungsrate und geringere Fehlerrate war bei einer Weite von 1 und Gewichtung 0,95 zu erfassen, d.h. je dichter ein Wert am Ereignis lag. Der EWMA Control Chart ist sehr effektiv bei geringen Prozessverschiebungen (MONTGOMERY 2013). Für eine Erkennung von extremen Werten gilt es lediglich, die Unterschreitungen des unteren oder Überschreitung des oberen Grenzwertes durch den EWMA-Wert zu berücksichtigen. Wurde dieser Grenzwert durch den EWMA unterschritten oder überschritten, kam der Tag als Alarm-Tag in die Wertung. Die Kontrollgrenzen L (Weite gibt die Kontrollgrenzen vor) auf der EWMA-Control Grafik können verwendet werden, um zu erkennen, welche Kombinationen am besten funktionieren, d.h. wie die Grenzwerte unter oder überschritten werden. Die Verwendung des EWMA zur Vorhersage sollte in der vorliegenden Arbeit verwendet werden, um zu prüfen, ob eine langfristige Erkennung von Veränderung vom Laktosegehalt und anderer Merkmale möglich ist.

3.4.6. Entscheidungsbäume

Diese Darstellung von Entscheidungsregeln mittels zugewiesener und strukturierter Bäume veranschaulicht hierarchische Entscheidungen. Eine solche automatische Klassifizierung kann aus wissenschaftlichen Erkenntnissen formale Regeln herleiten oder darstellen. Um eine Klassifikation eines einzelnen Datenobjektes abzulesen, geht man vom Wurzelknoten entlang des Baumes abwärts.

Für die Wahl der Entscheidungsbäume zur Klassifikation von Krankheitsereignissen wurde sich an den bedeutsamen Produktionskrankheiten orientiert, wie sie in Tabelle 1 und 2 als Inzidenz peripartaler Erkrankungen beschrieben sind. Zur Erkennung der relevanten Ereignisse (Mastitis, Infektion, Stoffwechsel, usw.) ist es notwendig, geeignete Entscheidungsbäume mit den jeweils fachlich notwendigen Merkmalen als Entscheidungshilfen für das Herdenmanagement zu erstellen. Es kam vor allem darauf an, zu zeigen, ob mit zusätzlicher Betrachtung des Kennwertes „Laktose“ bessere Ergebnisse erzielt werden können, als es ohne diesen der Fall wäre. Die Diagnose des Laktosegehaltes in der Herdensammelmilch und in den Einzelkuhgemelken ist ideal zur Wahrnehmung sekretorischer Störungen geeignet, so RENNER (1975). Also wurde zunächst ein Algorithmus ohne Laktose erstellt, und dann dieser um die Laktose oder andere Faktoren erweitert, um diese Ergebnisse zu vergleichen. Je nach Entscheidungsbaum wurden die benötigten Merkmale in einer Tabelle zusammengeführt und so wurde für jedes Merkmal eine optimale Einstellung für jeden Entscheidungsbaum unter Beurteilung der Erkennungs- und Fehlerraten gefunden. Anhand der Berechnungen aus der Signifikanz und Standardabweichungen wurde eingeteilt, wo Grenzwerte zwischen den „Stufen“ der Merkmale liegen (Einteilung der Bereiche „erhöht“, „normal“, „gesenkt“).

Wichtig war auch eine über die Herdenstrukturen hinaus gleichmäßige Schwankung der verwendeten Variablen, da so die Grenzwerte präziser festgelegt werden konnten. Bei gleichmäßigen Abweichungen vom Mittelwert sind die Grenzwerte präziser festzulegen und Ausreißer sind für eine Erkennung besser zu identifizieren. Für die Erkennung der Events wurde unter Zuhilfenahme von Entscheidungsbäumen geprüft, ob die ausgesuchten Variablen eine Erkennung gegenüber den herkömmlichen Maßnahmen verbessert.

4. Ergebnisse

4.1. Zusammenhänge zwischen Laktose und anderer Parametern zu den Ereignissen

Das Ziel der Aufbereitung der Messwerte war ausgerichtet auf die **Zielstellungen I** und II, um folgender Arbeitshypothese nachgehen zu können:

Gibt es einen Einfluss der Ereignisse auf die Laktoseausscheidung (Laktosekonzentration sowie Laktosemenge) und auf andere Merkmale (Fettgehalt, Proteingehalt, Milchmenge, Leitfähigkeit, Laktationszahl und Laktationstag sowie Mobilität, gemessen als Schrittzahl) zur Modellbildung einer Leistungs- und Gesundheitsvorhersage?

In *Tab. 10* erfolgte die tabellarische Darstellung der Primärergebnisse, gefolgt von einer Boxplot-Darstellung der jeweiligen Parameter an den Daten der Herde II.

Tab. 10: Deskriptive Statistik der Herde II

<i>Variable</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>Variationskoeffizient %</i>	<i>Quartile Spannweite</i>	<i>Q75%</i>	<i>Q25%</i>	<i>Spannweite</i>
<i>Milchmenge(kg/d)</i>	36,65	10,94	29,84	15,25	44,32	29,07	90,18
<i>Laktationstag (d)</i>	157,70	111,12	70,46				
<i>Laktosemenge (kg/d)</i>	1,74	0,53	30,71	0,76	2,12	1,37	4,14
<i>Laktosekonzentration (%)</i>	4,73	0,23	4,77	0,23	4,87	4,64	6,24
<i>Proteinkonzentration (%)</i>	3,29	0,35	10,72	0,39	3,45	3,06	13,22
<i>Fettkonzentration (%)</i>	3,62	0,51	14,04	0,65	3,93	3,28	7,74
<i>Leitfähigkeit (mmho/cm)</i>	11,28	1,49	13,22	1,84	12,05	10,20	17,25
<i>Mobilität (Schritte je Stunde)</i>	178,25	65,40	36,69	70,00	208,00	138,00	1497,00

Die hohe Variabilität des Merkmals „Milchmenge“ lässt sich einerseits zurückführen auf die Individualität innerhalb der Milchkuhherde hinsichtlich der Leistungsveranlagung sowie andererseits mit laktationsphysiologisch definierten Veränderungen in der täglichen Leistungshöhe erklären. In ähnlicher Größenordnung zeigt sich das Merkmal „Mobilität“ geprägt, abhängig von der Tierindividualität sowie physiologisch gesteuerten Einflüssen, wie z.B. dem Brunstzyklus. Die ermittelten Mittelwerte, Standardabweichungen und Quartile sollen helfen die Bereiche einzugrenzen, und zur Berechnung festzulegen. Im Vergleich der Milchinhaltsstoffe erfährt der Milchfettgehalt die größte Variabilität, während sich die Laktosekonzentration als vergleichsweise stabil darstellt. Bezüglich der täglich sezernierten Laktosemenge ist festzustellen, dass die Schwankungsbreite dieses Merkmals zu großen Anteilen durch die Schwankungen in der Milchmengenleistung geprägt wird. In den *Tabellen A 6 bis A 13* erfolgt die Ergebnisdarstellung für die Kennzahlen des jeweiligen Merkmals, getrennt nach Ereignissen. Hierbei sollte dargestellt und geprüft werden, welchen Einfluss die Ereignisse auf die jeweiligen Merkmale haben. Zur Darstellung der Zusammenhänge und möglicher Einflüsse wurden die zu untersuchenden Parameter in Beziehung zu den Ereignissen (*vgl. Tab. A 6 – A 13*) gesetzt.

1. Y_1 = Milchmenge

Die Milchmenge betrug im Durchschnitt der Herde 36,65 kg/d (*siehe Tab. 10*). An den Standardabweichungen, in Abhängigkeit vom Ereignis zwischen 6,80 bis 12,85 kg/d variierend, lassen sich erhebliche tierindividuelle Schwankungen erkennen. Die Milchmenge erkrankter Tiere lag (*siehe Tabelle A 6*), unabhängig von der Art und Weise der Erkrankung, deutlich unter dem Herdenmittelwert, sodass für die Ereignisse die jeweiligen Milchmengen zwischen 21,69 kg/d bis 24,12 kg/d variierten. Für die Ereignisse Brunst, Klauenerkrankungen und Stress konnten in den vorliegenden Untersuchungen keinerlei signifikante Abweichungen, die eine Leistungsminderung zur Folge haben, festgestellt werden (*siehe Abbildung 1*).

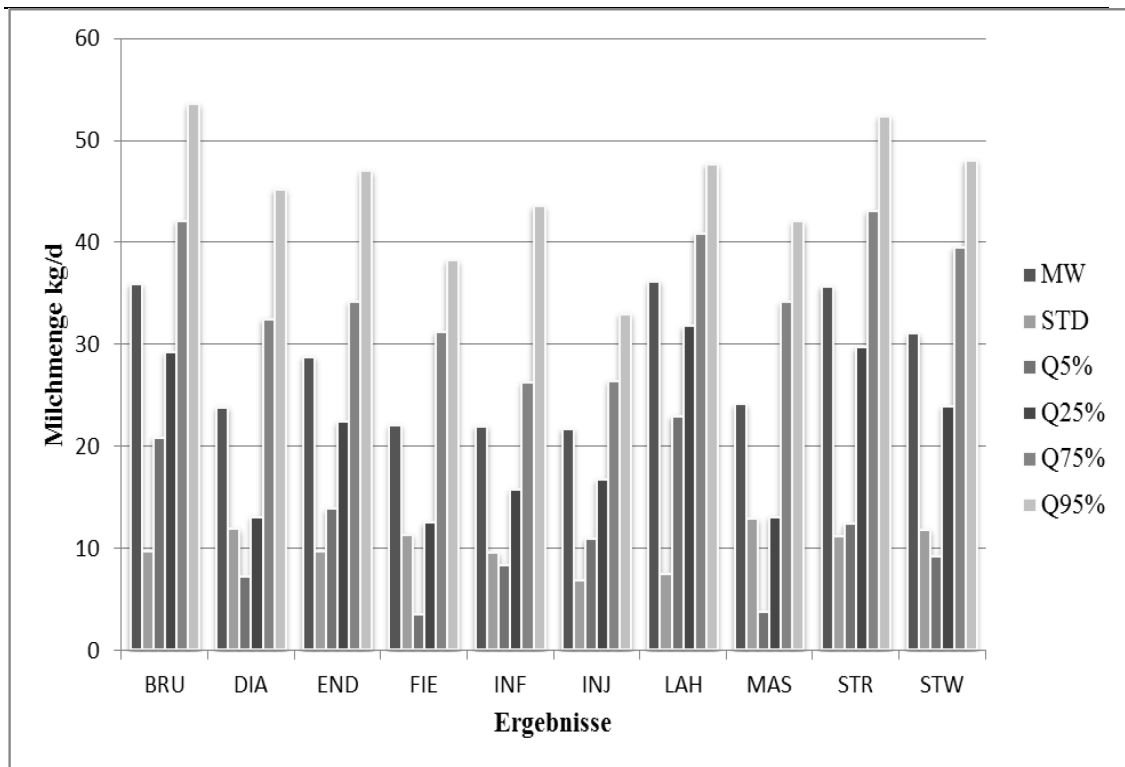


Abb. 1: Verteilung des Merkmals Milchmenge (kg/d) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

2. Y_2 = Laktosekonzentration

Setzt man die Laktosekonzentration in Beziehung zu den jeweiligen Merkmalen, so ergeben sich starke Abweichungen vom Mittelwert, besonders auffällig bei Stressbelastung und fieberartigen Erkrankungen. Der Durchschnitt der Laktosewerte bezifferte sich in der Herde II auf 4,73% (siehe Tab. A 4). Geringgradige Mittelwertabweichungen waren für die Ereignisse Brunst (BRU) mit 4,67% sowie Diarrhö (DIA) mit 4,58% festzustellen. Deutlich niedriger ausfallende Mittelwerte ergaben sich in abnehmender Tendenz für die Ereignisse Infektion (INF) mit 4,47%, INJ (Verletzungen) mit 4,36%, Endometritis (END) mit 4,35%, Stoffwechsel (STW) mit 4,27%, Mastitis (MAS) mit 4,24%, Fieber (FIE) mit 3,94% sowie Stress (STR) mit 3,94%. Klauenverletzte Tiere (LAH) hatten im Durchschnitt einen erhöhten Laktosegehalt von 4,84% zu verzeichnen. Somit sind alle Problemkühe, außer denen mit Klauenverletzungen, durch niedrige Laktosegehalte auffällig, wie in Abb. 2 zu erkennen ist (* Event mit Bezeichnung; „__“ stellt die Testtage ohne dokumentierte Ereignisse dar).

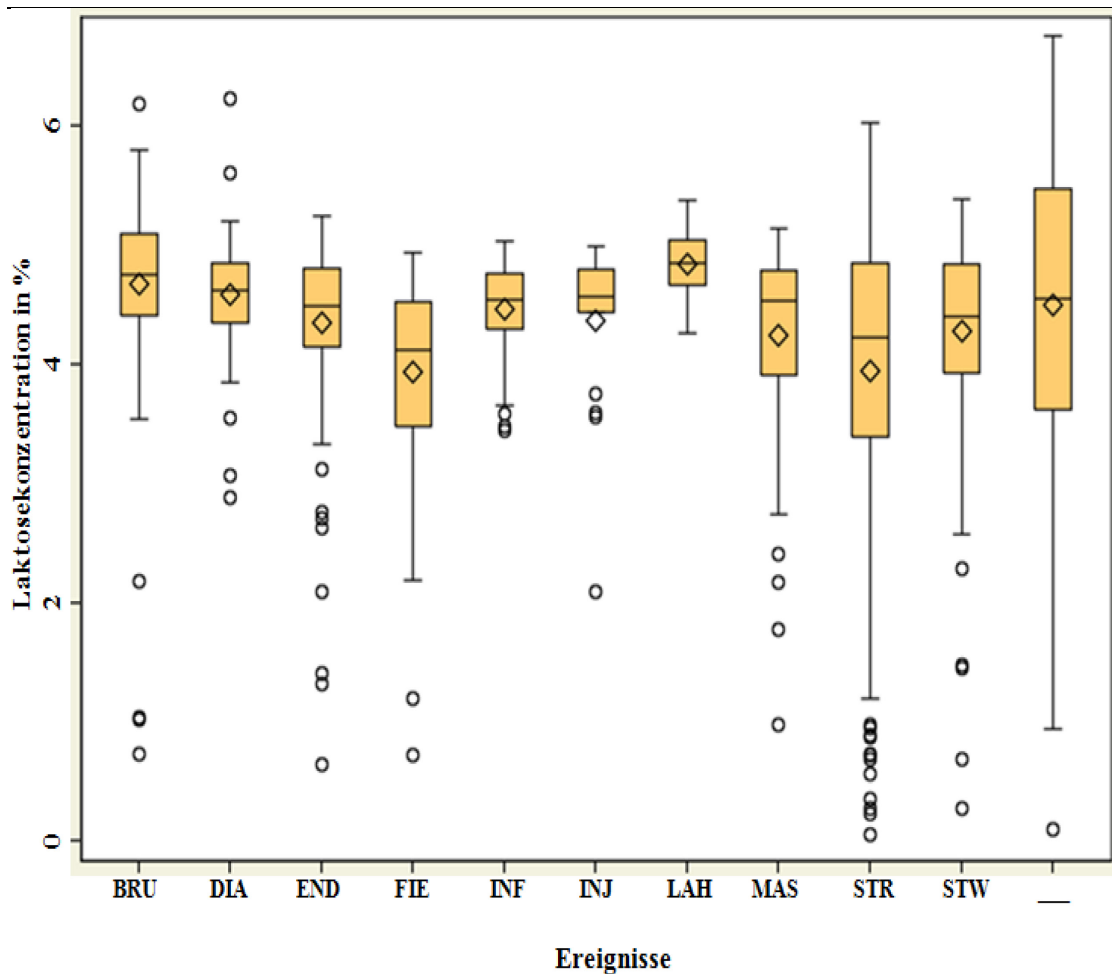


Abb. 2: Laktosekonzentration (%) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

3. Y_3 = Laktosemenge

Wie aus *Tab. A 8* abzuleiten beträgt die Standardabweichung bei den Verletzungen 0,29 kg/d und bei der Mastitis 0,66 kg/d vom Mittelwert, dies verdeutlicht die Milchminderleistungen der erkrankten Kühe. Bei einem Herdendurchschnitt von laktationstäglich 1,74 kg Laktoseausscheidung befinden sich auch die Kühe mit Klauenerkrankungen mit 1,77 kg/d, Brunst (1,72 kg/d) sowie Stress (1,72 kg/d) in einem vergleichbaren Bereich. Dagegen verdeutlichen sich die Abweichungen zum Herdendurchschnitt bei allen anderen Ereignissen, in abfallender Tendenz aufgeführt: Kühe mit metabolischen Problemen (1,46 kg/d), Endometritis (1,33 kg/d), Diarrhöe (1,12 kg/d), Mastitis (1,11 kg/d), Infektion (1,01 kg/d), Fieber (0,98 kg/d) sowie Verletzungen (0,93 kg/d), *vgl. Tab. A 8* (* Event mit Bezeichnung; „—“ stellt die Testtage ohne dokumentierte Ereignisse dar).

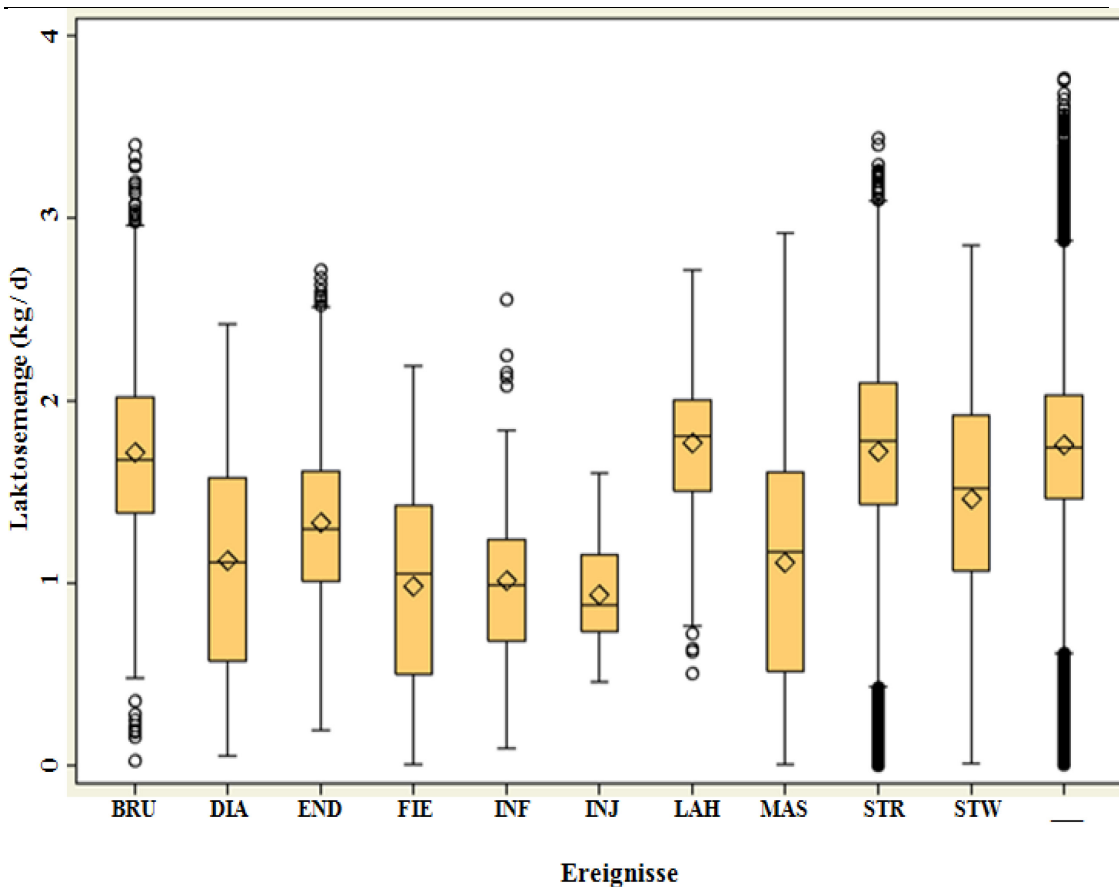


Abb. 3: Laktosemenge (kg/d) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

4. Y_4 = Proteinkonzentration

Bei einem Herdendurchschnittswert von 3,29 % variieren die Standardabweichungen bei der Proteinkonzentration erheblich zwischen 0,38%-Punkten und 0,82%-Punkten. Wie in *Abb.4* zu erkennen liegen für die Ereignisse DIA (3,27%), INF (3,23%), Brunst (3,19%), INJ (3,17%), LAH (3,05%) die Milcheiweißkonzentrationen unter dem Herdendurchschnitt, während die Werte für STR (3,40%), END (3,42%) sowie MAS (3,43%) nahe am Herdenmittelwert platziert sind. Nur bei fieberhaften Ereignissen (FIE) wurde ein deutliches Ansteigen der Milcheiweißkonzentration auf 3,62% gemessen (*siehe Tab. A 9*). Die Nutzbarkeit des Proteingehaltes für die Erkennung von Ereignissen stellt somit lediglich eine untergeordnete Bedeutung dar.

***Ereignisse:** (BRU), Durchfall (DIA), Endometritis (END), Fieber (FIE), Infektionen (INF), Verletzungen (INJ), Klauenerkrankungen (LAH), Mastitis (MAS), Stress (STR) und Stoffwechselerkrankungen (STW) und Diarrhö (DIA)

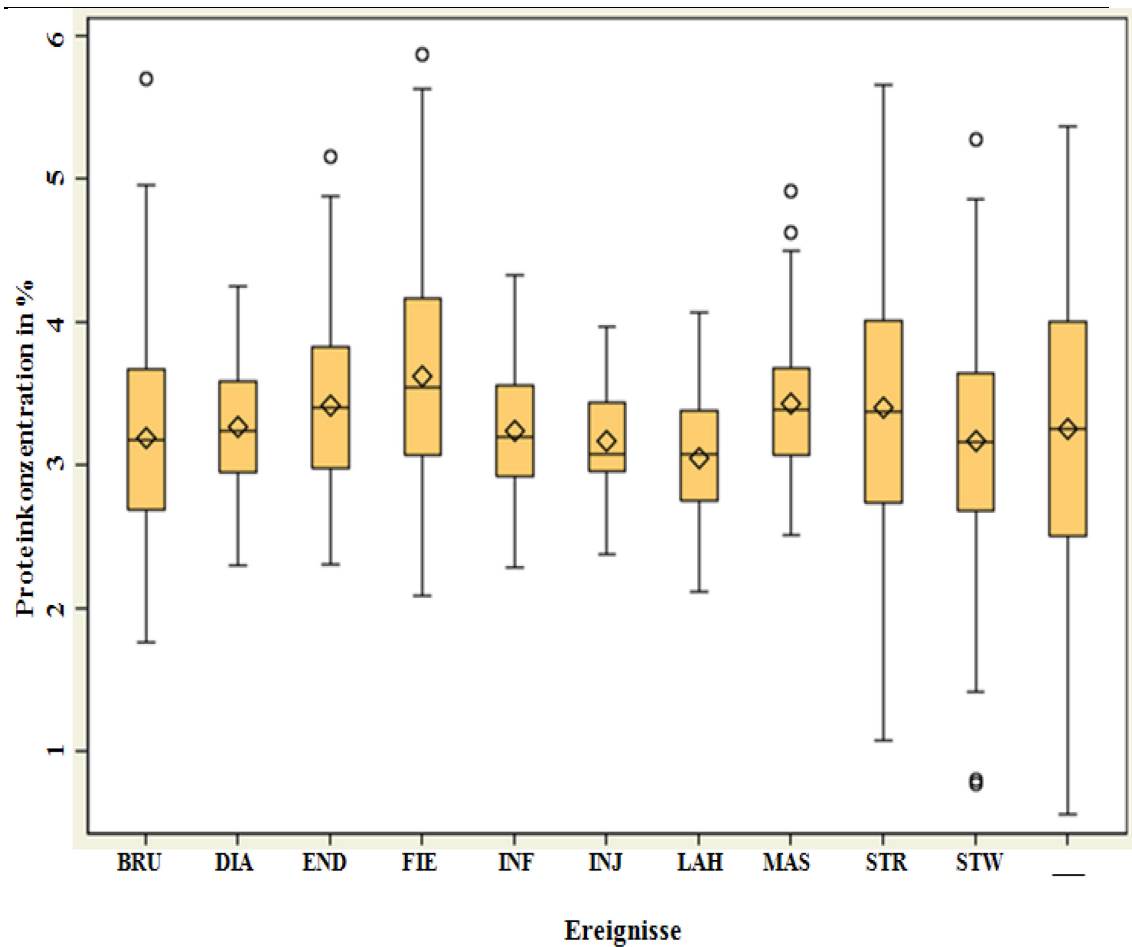


Abb. 4: Proteinkonzentration (%) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

5. Y_5 = Fettkonzentration

Die Fettkonzentrationen mit einem Herdendurchschnitt von 3,62% sind besonders auffällig durch Ausreißer mit hohen Werten geprägt. Die Mittelwerte der Ereignisse bei klauenverletzten Tieren (LAH) mit 3,78% zeigten kaum Abweichungen von Herdendurchschnitt liegende Mittelwerte gekennzeichnet: Brunst 3,91%, Endometritis (END) 4,20%, Stress (STR) 4,26%, INJ (Verletzungen) 4,28%, Infektion (INF) 4,33%, Diarrhoe (DIA) 4,34%, Mastitis (MAS) 4,43%, Stoffwechselstörungen 4,55% sowie Fieber (FIE) 4,74% (siehe Tab. A 10). Da aber sowohl laktationsbezogene als auch ernährungsphysiologische Abläufe erhebliche Abweichung herbeiführen können, lässt dieser Parameter nur eine ungenaue Klassifizierung zu (*Event mit Bezeichnung; „__“ stellt die Testtage ohne dokumentierte Ereignisse dar).

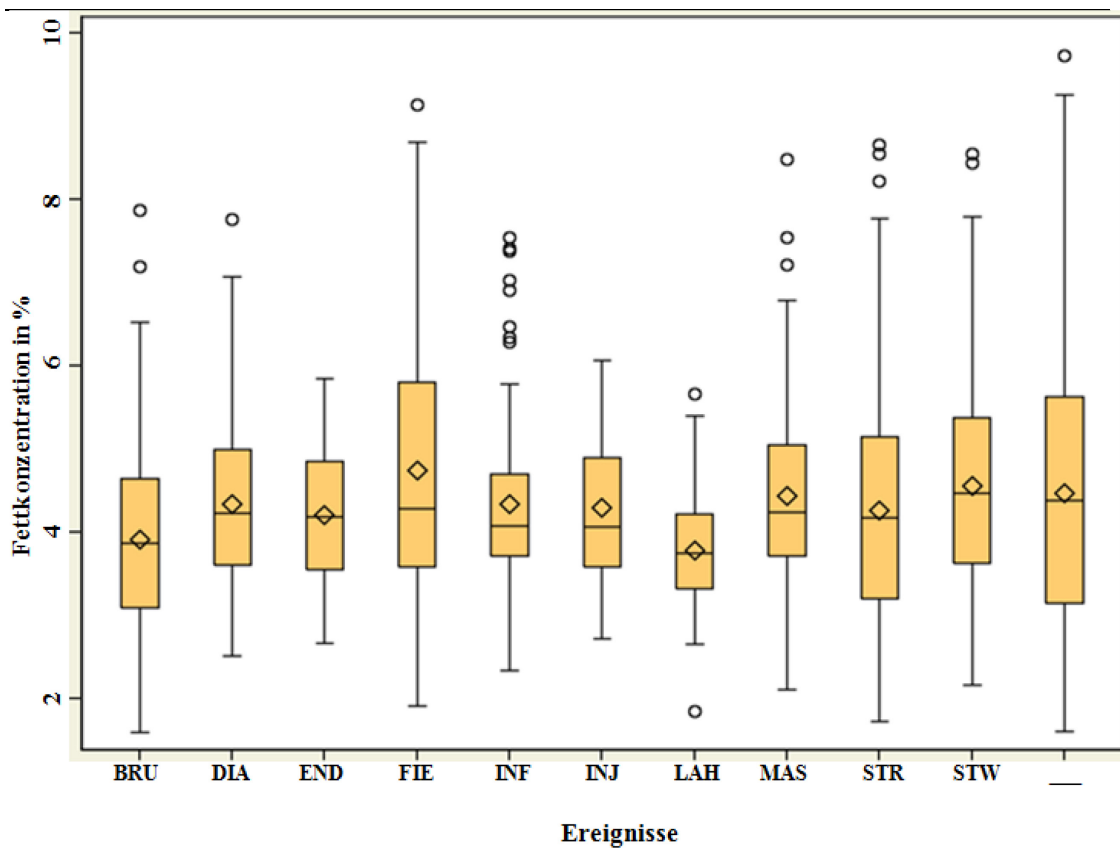


Abb. 5: Fettkonzentration (%) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

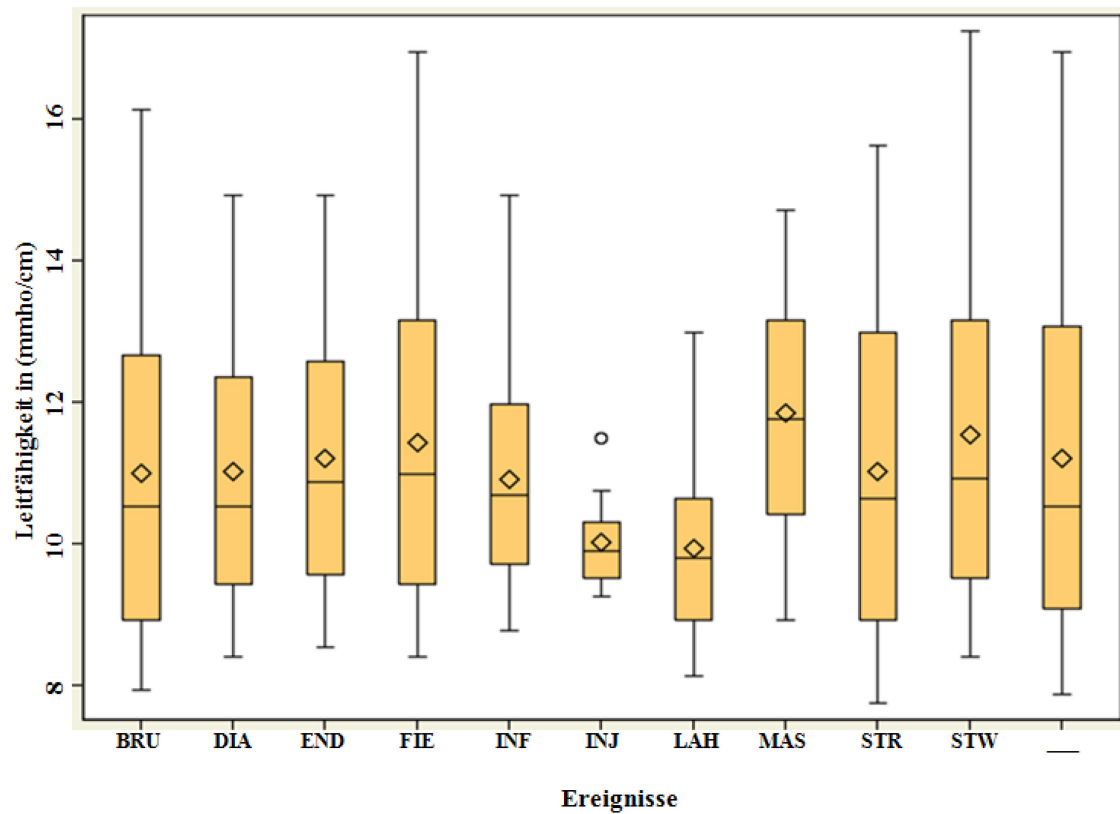


Abb. 6: Leitfähigkeit (mmho/cm) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

6. Y_6 = Leitfähigkeit

Für eine Beurteilung ist hierbei vor allem die Abweichung vom Mittelwert entscheidend. Die elektrische Leitfähigkeit der Milch (vgl. *Tab. A 4*) liegt Durchschnitt bei 11,28 mmho/cm mit gleichmäßigen Werten zwischen 9,9-11,5 mmho/cm und schwankt zwischen 0,65-2,41 mmho/cm. Die starken Abweichungen sind besonders deutlich in der graphischen Darstellung (*siehe Abb. 6*) erkennbar, was in der Modellwahl berücksichtigt wird.

7. Y_7 = Mobilität

Die Bewegungsaktivität, ausgedrückt in der gemessenen Schrittzahl, liegt im Durchschnitt der Herde bei 178,85 Schritten je Stunde. Klauenerkrankte Tiere wiesen mit 177,38 Schritten vergleichbare Werte auf. Die Ereignisse „Brunst“ und „Stress“ erhöhten die Schrittzahl deutlich auf 329,7 bzw. 266,5 Schritten. Kühe mit Stoffwechselbelastungen weisen mit 193,64 Schritten eine erhöhte körperliche Beanspruchung auf, während die Ereignisse INF, DIA, INJ, FIE und MAS zu niedrigeren Mobilität tendieren vgl. *Tab. A 12*.

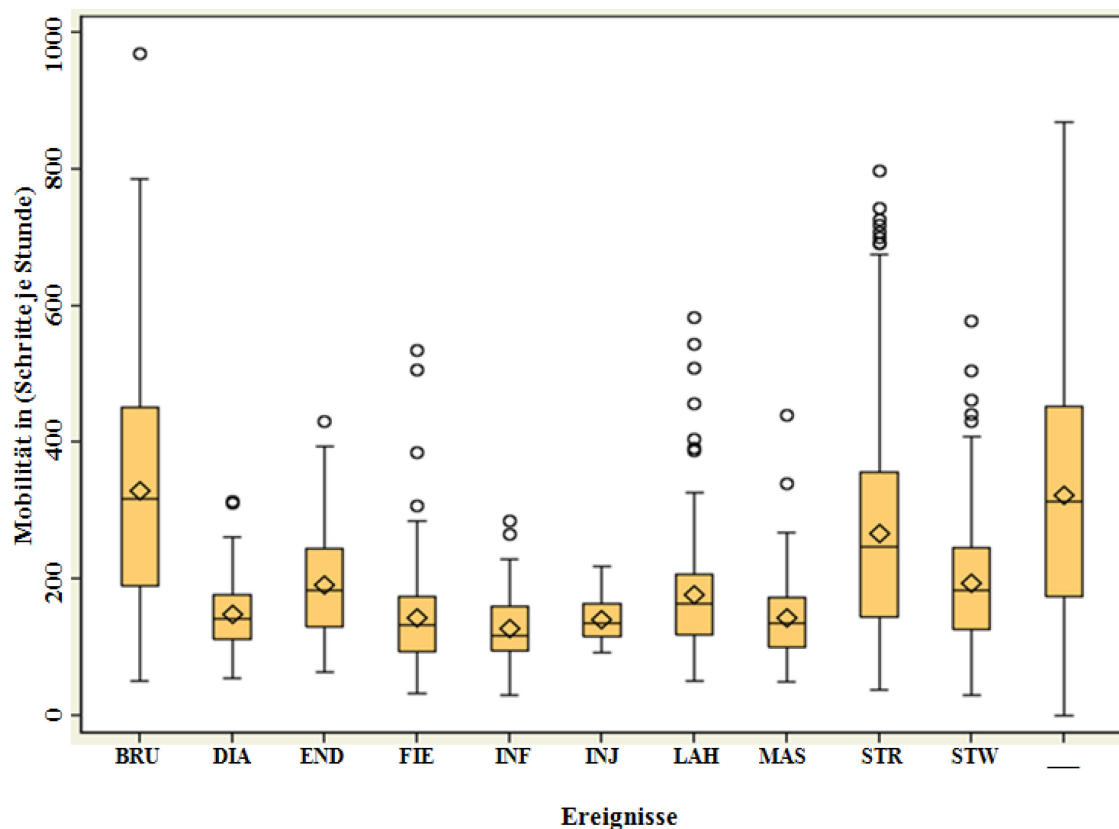


Abb. 7: Mobilität (Schritte je Stunde) in Abhängigkeit zu den Ereignissen*

8. Y_8 = Laktationszahl und 9. Y_9 = Laktationstag

Ereignisse wie Diarrhö, Infektion, Verletzungen und Klauenerkrankungen treten vorwiegend in den ersten drei Laktationen in Erscheinung. Die bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von 2,9-3,1 Laktationen in den drei betrachteten Herden spiegelt dies auch die vornehmlichen Abgangsursachen in den Milchviehherden wieder. Fieber, Endometritis, Infektionen, Verletzungen, Mastitis und Klauenerkrankungen sind Erkrankungen, die im Mittel zwischen dem 93. und 153. Tag auftreten (vgl. *Tab. A 13 und A 14*).

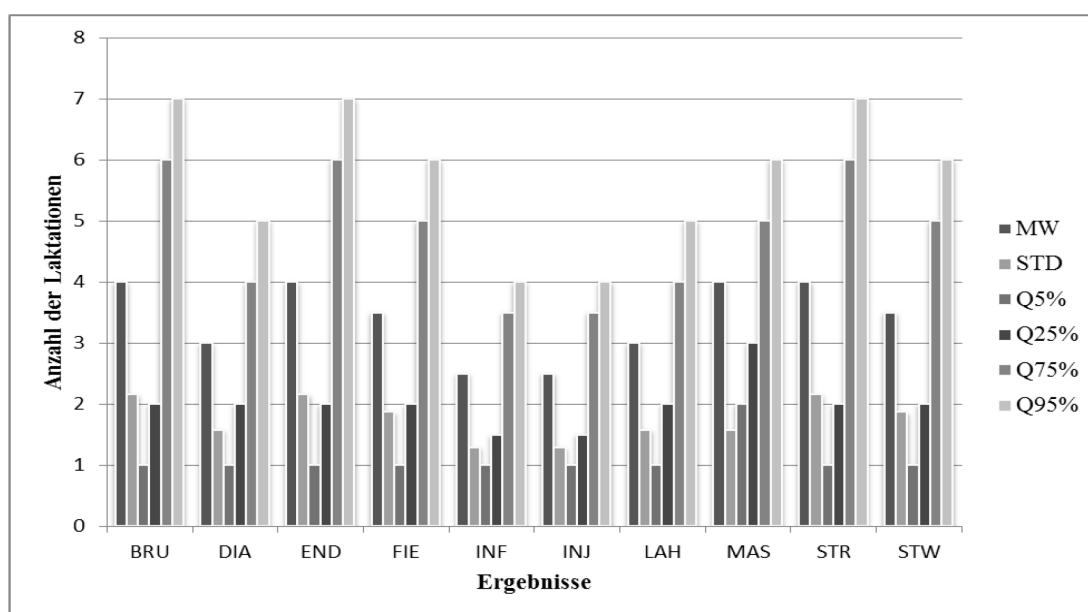


Abb. 8: Verteilung des Merkmals Laktation getrennt nach Ereignis*

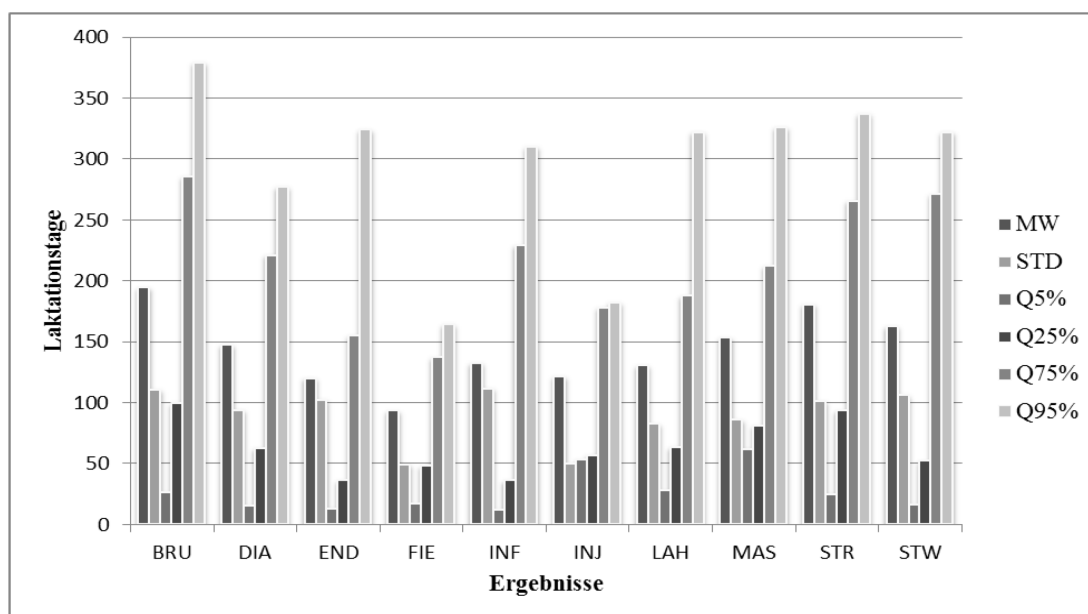


Abb. 9: Verteilung des Merkmals Laktationstage getrennt nach Ereignis*

4.2. Anwendung der ausgewählten Modelle

4.2.1. Tierspezifische Modellbildung

Um für eine Modellwahl diverse Kombinationsvarianten berücksichtigen zu können, wurde eine tierindividuelle Darstellung durchgeführt. Für diese visualisierte Abbildung der krankheitsbedingten und tierindividuellen Beobachtung der Events wurden die 30 Tage vor dem Auftreten des Ereignisses explorativ aufgezeigt. Am Verlauf der verwendeten Parameter - wie z.B. Fett-, Proteingehalt, Leitfähigkeit und Laktosegehalt sollte ermittelt werden, inwieweit für die weitere Modellverwendung eine Relevanz auftritt (*siehe Abb. 10*).

Am Beispiel der Mastitis-Erkrankungen gibt es eine deutliche Erkennung im Zusammenhang mit fallendem Laktose- und ansteigendem Fett- und Eiweißgehalt sowie Leitfähigkeit. Ein Zeitvorsprung von bis zu 3 Tagen in der Modellbildung fand Berücksichtigung, um eine Früherkennung zu ermöglichen. Am Beispiel (*Abb.10*) wurde am 11.09. ein Krankheitstag einer Mastitis dokumentiert und am Kurvenverlauf der Variable Laktosekonzentration konnte der optimale Beobachtungs- oder Analysezeitraum für ein Vorhersagemodell festgelegt werden.

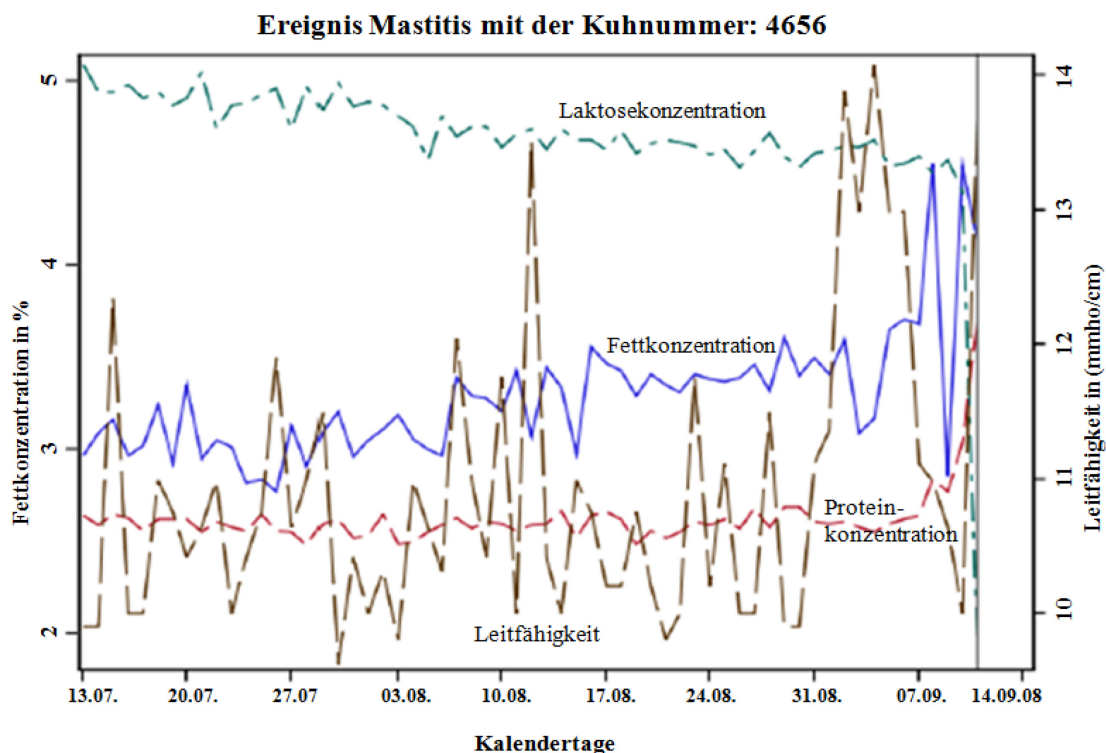


Abb. 10: Beobachtungsverlauf der verwendeten Parameter - Fett, Protein, Leitfähigkeit und Laktose bei Mastitis

4.2.2. Varianzanalytische Auswertung des Laktosegehaltes in Bezug zur Leistungs- und Gesundheitsbeurteilung

Zielstellungen I und II betreffend wird folgender Arbeitshypothese nachgegangen:

Haben Laktation, Laktationstag, Milchmenge und Ereignisse einen Einfluss auf die Laktose und ist eine Vorhersage über die Laktose möglich?

Die Laktosekonzentration lag im Durchschnitt bei 4,73%, die Standardabweichung bei 0,23%-Punkten, das Minimum bei 0,39%-Punkte und das Maximum lag bei 6,34%. Die Laktationstage wurden im Mittel mit 157 Tagen und mindestens 8 Laktationstagen ermittelt. Bei den Abweichungen lagen Ereignisse und Erkrankungen (Event) zur Laktosekonzentration im Minus von 0,03%-Punkten zum Mittelwert. Laktation, Laktationstag, Milchmenge, Melktage und Events weisen eine Signifikanz zur Laktosekonzentration auf und somit ist eine tier- und laktationsspezifische Laktationskurvenmodellierung möglich (*vgl. Tab. A 3 – A 5*). Im Beobachtungszeitraum der Erkrankungen traten in der Auswertung zwischen unterschiedlichen Zeiträumen Differenzen in der Signifikanz auf. Dies steht im engen Zusammenhang zu Entwicklung und Verlauf des jeweiligen Ereignisses, sodass ein optimaler Erkennungszeitraum für das jeweilige Ereignis berechnet werden konnte. Diese Zeitraumfestlegung differierte zwar auch nach Herde, aber zur äquivalenten Beurteilung wurde ein einheitlicher Berechnungszeitraum festgelegt, wobei die Fehlerraten am geringsten waren, je näher es am Zeitpunkt der Erkennung lag. Erkennungsrate und Spezifität sind bei L und λ etwa gleich, sodass sich hinsichtlich der weiteren Berechnung für die Weite $L = 1$ und Gewichtung $\lambda = 0,95$ entschieden worden ist.

Zielstellungen III und IV betreffend ist folgender Arbeitshypothese nachzugehen:

Sind Laktosegehalt/-konzentration bzw. Laktosemenge allein oder in Kombination mit weiteren Faktoren geeignet zur Gesundheits- und Leistungsvorhersage?

Mit Hilfe der Rechenprozedur Restricted Maximum Likelihood wurden die Herden und deren Merkmale zur Modellprüfung (*siehe Modell II*) ausgewertet. So wurden die relevanten Merkmale für alle drei Herden einzeln und als Gesamtherde auf Signifikanz geprüft:

1. Milchmenge (MY),
2. Melktag (LD),
3. Laktosemenge (L),
4. Laktosekonzentration (L%),
5. Laktose+Fettmenge (LF),
6. Laktose+Fett-Konzentration (LF%),
7. Laktose+Eiweißmenge (LE),
8. Laktose+Eiweiß-Konzentration (LE%),
9. Laktose+Fett+Eiweißmenge (LFE),
10. Laktose+Fett+ Eiweiß-Konzentration (LFE%),
11. Protein (E%),
12. Fett (F%),
13. Fett+Eiweiß-Quotient (F:E),
14. Fett+Laktose-Quotient (F:L),
15. Leitfähigkeit (EC) und
16. Mobilität (STP).

Die zu verwendenden Variablen waren signifikant ($Pr > |t| < 0,001$) und konnten für die weiteren Modellberechnungen Anwendung finden (*siehe Anhang Tab. A 16 – A 29*). Um beurteilen zu können, wie sich die Faktoren innerhalb und zu den Laktationen verändern sowie inwieweit sie sich für die Modellwahl eignen, wurden diese auf Mittelwert und Abweichungen berechnet. Die Veränderung der Abweichungen der Variablen und Parameter ergab, dass die Inhaltsstoffe über die Laktation unterschiedlich stark bis zur 5ten Laktation ansteigen oder sich in der 4ten Laktation stabilisierten. In der ersten Laktation besteht die niedrigste Konzentration, und der stärkste Anstieg besteht in der zweiten Laktation oder dritten Laktation (*siehe Anhang Tab. A 15*).

Gegenüber Fett und Protein weist die Laktosemenge und Laktosekonzentration innerhalb der Laktationen geringere Schwankungen auf. Laktose-Eiweiß-Menge und -Konzentration sind fast gleichbleibend. Bei der Laktose-Fett-Menge, Laktose-Fett-Konzentration und Laktose-Fett-Eiweißmenge besteht ein leichter Anstieg. Die Laktose-Fett-Eiweißkonzentration ist fast gleichbleibend bis leicht steigend. Die Feststellung war somit, dass es vorteilhaft ist, ein Modell zu verwenden, welches Laktose oder eine Kombination mit anderen Inhaltsstoffen vorsieht. Hierbei war zu berücksichtigen, dass es eine starke Varianz innerhalb der Herden gibt. Die Leitfähigkeit steigt in höheren Laktationen an und die Mobilität fällt mit der Laktation, daher ist in Bezug auf die Aktivität eine Trennung der Gruppen nach Laktation sinnvoll. Keine Signifikanz besteht zum Laktationstag und Milchmenge (nicht Event- betrachtet), für Laktosemenge, Laktose-Eiweißmenge, Mobilität, Fett- und Eiweißkonzentration, Fett-Laktose-Quotient und Leitfähigkeit (*siehe Anhang Tab. A 16, A 18, A 24, A 25, A 27, A 28 und A 29*). Daher wurde für die Modellwahl eine solche Parameterkombination vermieden. Aufgrund vorangegangener beschreibender Statistik sollte berücksichtigt werden, inwieweit es eine unterschiedliche Beachtung der zu untersuchenden Tage vor und nach dem registrierten Ereignis gibt. Da ein Ereignis nicht sofort und im Zeitverlauf der Erkrankung oder Störung unterschiedlich reagiert, wurde die Prüfung einmal mit generell einem Tag vor und einen Tag nach dem Event vorgenommen, sowie eine mögliche mit krankheits-, metabolisch- und verhaltensbedingte Dauer des Events aus der Erfassung resultierend berechnet.

4.3. Entscheidungsmodelle

Arbeitshypothese: Eignung der Faktoren zur Gesundheits- und Leistungsvorhersage unter Verwendung der in 4.2.2. genannten Parameter:

1. Ohne Laktose:

- Leitfähigkeit
- Mobilität
- Milchmenge
- Fett-Eiweißverhältnis

2. Mit Laktose oder Kombination:

- Laktosemenge und Laktose-Konzentration
- Laktose+Fettmenge und Laktose+Fett-Konzentration
- Laktose+Eiweißmenge und Laktose+Eiweiß-Konzentration
- Laktose+Eiweiß+Fettmenge und Laktose+Eiweiß+Fett-Konzentration
- Fett-Laktoseverhältnis

Zur Berechnung und Auswertung des Zusammenhangs zwischen Ereignissen und Laktose plus ausgesuchtem Parameter und Variable, wurden wie in *Abschnitt 3.4.3. und 3.4.4.* beschrieben, die Effekte geprüft, Algorithmen entwickelt und Sensitivitätsanalysen durchgeführt. Welche Aussagekraft die Betrachtung eines einzigen Merkmals hatte, ist an den Erkennungs- und Fehlerraten zu erkennen (*siehe Tabellen 12 - 16*). Es wurde auch nicht nur ein einzelnes Merkmal betrachtet; interessant waren vor allem Kombinationen mit den anderen erfassten Faktorengrößen. Wie in vorherigen Abschnitten erläutert, wurde bei der Ermittlung und Erhebung von tierindividuellen Effekten etc. der Herde II, dann die Modelle auf die anderen Herden angewendet.

Um eine betriebspezifische Anpassung vorzunehmen, muss zunächst die Eignung des Merkmals zur Erkennung von Ereignissen vorhanden sein. Nahe liegend war, im Falle des Events „Mastitis“ z.B. die Leitfähigkeit und die Milchmenge in die Betrachtungen einzubeziehen, oder beim Event „Brunst“ auf die Bewegungsaktivität und die Milchmenge zurückzugreifen, sowie bei Stoffwechselproblemen die Milchmenge, als auch den Fett- oder Proteingehalt usw. zu berücksichtigen, wobei die günstigste Entscheidungsverwendung für alle Herden zusammen und nach jedem einzelnen Event analysiert wurde. Aus der Vorabanalyse war erkennbar, dass ein kurzes Beobachtungsintervall effizienter ist, da es zum Zeitpunkt eines Ereignisses stärkere Werteabweichungen gab. Um Fehlerraten zu vermeiden, erschien allerdings ein langer Beobachtungszeitraum als geeignet. Die Analyse mit der Anpassung an die jeweiligen Events war allgemein vorteilhafter als das Festlegen auf das einfache Schema „1 Tag vorher und 1 Tag nachher“ bei Ereignis und Erkrankung. Die Wahl unterschiedlicher Beobachtungszeiträume für die Ereignisse resultierte aus unterschiedlichen Krankheitsverläufen und Ereignissituationen, d.h. eine Brunst- und Stresssituation ist ein kurzfristiges Ereignis, während sich eine Infektion oder Erkrankung mittelfristig und langfristig aufbaut. Für die Prüfung der Signifikanz zum jeweiligen Ereignis (Event) ergaben sich folgende Resultate (*siehe Tab. 11*) als optimaler Beobachtungszeitraum:

Tab. 11: Beobachtungszeiträume nach Ereignissen

	<i>Tage (d) vor Dokumentation</i>	<i>Tage (d) nach Dokumentation</i>
<i>Brunst</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Diarrhoe</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>Verletzung, Fieber, Infektion</i>	<i>1</i>	<i>3</i>
<i>Mastitis</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>Stress</i>	<i>0</i>	<i>3</i>
<i>Stoffwechsel</i>	<i>3</i>	<i>3</i>
<i>Endometritis</i>	<i>7</i>	<i>3</i>
<i>Klauenerkrankungen</i>	<i>7</i>	<i>7</i>

4.3.1. Modell: Mastitis

Zur Beschreibung der verwendeten Modelle wurde nach dem Entscheidungsbaum - wie im Beispiel der Mastitis vorgegangen. Also wurde einmal ein zweistufiger und einmal ein dreistufiger Entscheidungsbaum gewählt, um dann am Ende bei jeder Kombination entscheiden zu können, ob bei bestimmten Kombinationen Mastitis vorliegen sollte, basierend auf in der Fachliteratur (*siehe SCHRIFTREIHE LfULG 2011*) dokumentierten Zusammenhängen und den errechneten statistischen Abweichungen.

1. Zweistufiges Entscheidungsmodell: Erkennung mit Hilfe von Leitfähigkeit und Milchmenge (Entscheidungsalgorithmus ohne Laktosewert).

Als Entscheidung wurden jeweils gesenkte, normale und erhöhte Werte von Leitfähigkeit und Milchmenge gewählt, da dies in der Praxis eine gängige Methode ist. So wurde entschieden, dass eine Mastitis vorlag, wenn die Leitfähigkeit einen erhöhten Wert von 1,3 mmho/cm aufwies (*siehe Tab. A 3 – A 5*), ungeachtet dessen, ob eine gesenkte, normale oder erhöhte Milchmenge vorhanden war. Da aber auch bei gesenkter Milchmenge eine Eutererkrankung oder subklinische Mastitis vorhanden sein kann, wurde dies in der Entscheidung auch mit einem J (Ja) als Erkennung oder Alarm am Ende des Entscheidungsverlaufs gekennzeichnet. Bei Milchmenge wurde jeweils ein Abfall der Menge von 20% berücksichtigt und somit als Problem deklariert.

2. Dreistufiges Entscheidungsmodell: Erkennung mit Hilfe von Leitfähigkeit, Milchmenge und Laktosekonzentration (Entscheidungsalgorithmus mit Laktosewert).

Im Entscheidungsmodell mit Laktose wurde die Konzentration gewählt, da diese Kombination eine gleichmäßige konstante positive Abweichung in der Signifikanzprüfung für alle drei Herden und einer Gesamtherdenbetrachtung ergab. Als Berechnungszeitraum wurde zwei Tage vor und zwei Tage nach der Erkrankung für optimal erfasst.

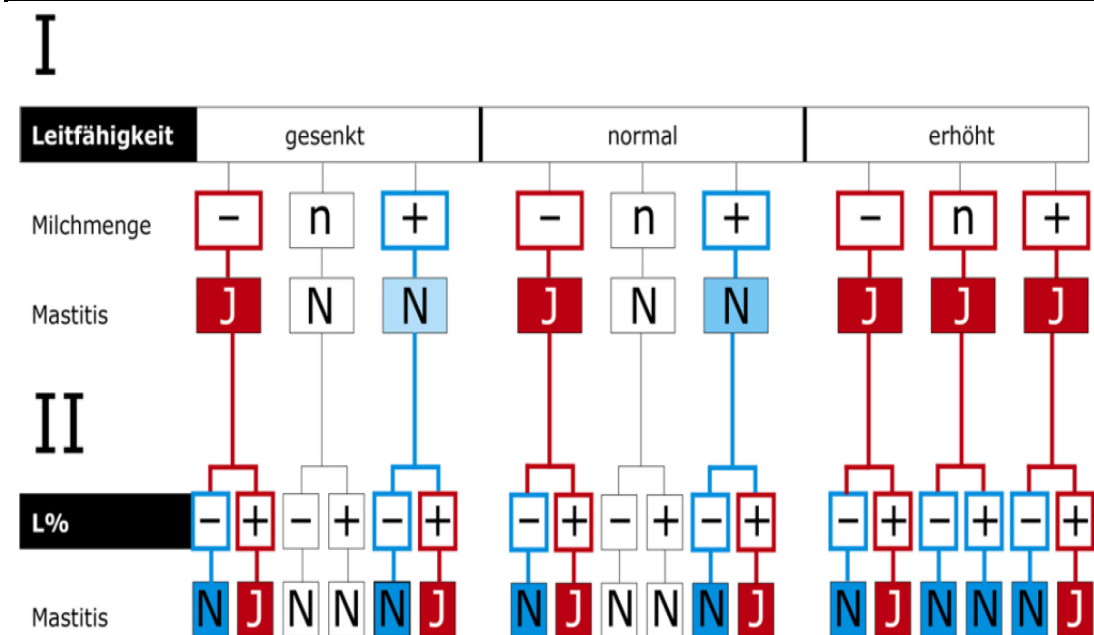


Abb. 11: Entscheidungsbaum zur Mastitiserkennung mit Leitfähigkeit und Laktosekonzentration in %

Die ermittelte Abweichung aus der Signifikanzprüfung von Laktosekonzentration lag zwischen 0,04 und 0,28 (1u1, eventberücksichtigt), siehe Tab. A 31. So wurde festgelegt, dass am Ende des Entscheidungsbaumes bei einer positiven Abweichung von 0,05 Prozentpunkten vom Tagesmittelwert eine Mastitis vorliegen könnte (siehe Abb. 11). Bei einem durchschnittlichen Laktosewert wurde sich am Ende des Entscheidungsbaums auch bei erhöhter Leitfähigkeit und Milchleistungsminderung für keine Anomalie oder Alarm entschieden, somit wurde ein N (Nein) ausgewiesen. So wurde sich nach dem Entscheidungsbaum strikt an bestehende Berechnungsergebnisse, J (Ja) und N (Nein) Entscheidungen gehalten (siehe Abb. 11). Damit resultierte bei der Laktose-Konzentration eine Erkennung von 37,37% und einer Spezifität von 58,38% (Tab. 12), wobei die Konzentration erst zwei Tage nach der Dokumentation mit 58,56% die höchste Erkennung aufweist. Bei tierspezifischer visueller Betrachtung schwankt die Leitfähigkeit stark, wobei Laktose fällt und Fett steigt, sowie Eiweiß fällt oder steigt und somit nicht zuverlässig ist (siehe Abb.12). Der EWMA-Chart zeigt deutlich fallende vor und nach der Mastitisinfektion steigende Werte bei der Laktosekonzentration (siehe Abb.13). Der Tagesverlauf zeigt (siehe Tab. 12), dass für eine Vorhersage mit der

Laktosekonzentration bei 36,00 % der Erkennung von zwei Tagen vorher höher liegt als mit Hilfe der Ermittlung durch die Leitfähigkeit. Daher sollte für weitere Analyseberechnungen eine Kombination mit anderen Milchinhaltsstoffen und ein der Variablen entsprechender Beobachtungszeitraum berücksichtigt werden.

Tab. 12: Erkennungsrate und Spezifität im Tagesverlauf

Methode	Tage vor Tage nach	Mastitis L%+0,05		Verletzung L % +0,2		Infektion L% +0,05	
		ER	SP	ER	SP	ER	SP
Mit Laktose	-2	36	58,38				
	-1	27,21	58,38	25	63,64	28,88	62,85
	0	17,01	58,38	45	63,64	28,24	62,85
	+1	34,26	58,38	39,02	63,64	30,09	62,85
	+2	58,56	58,38	73,81	63,64	48,90	62,85
	+3			47,62	63,64	51,34	62,85
Nur Leitfähig- keit oder nur Mobilität	-2	18,61	88,58				
	-1	39,06	88,58	5	92,89	22,8	88,36
	0	37,50	88,58	30	92,89	20,00	88,36
	+1	12,93	88,58	7,32	92,89	12,89	88,36
	+2	14,85	88,58	4,76	92,89	13,81	88,36
	+3			14,29	92,89	12,03	88,36
Ohne Laktose	-2	19,48	89,63				
	-1	43,35	89,63	27,50	90,61	28,57	87,98
	0	60,34	89,63	37,50	90,61	37,06	87,98
	+1	18,97	89,63	7,32	90,61	18,91	87,98
	+2	7,42	89,63	9,52	90,61	12,71	87,98
	+3			14,29	90,61	14,17	87,98

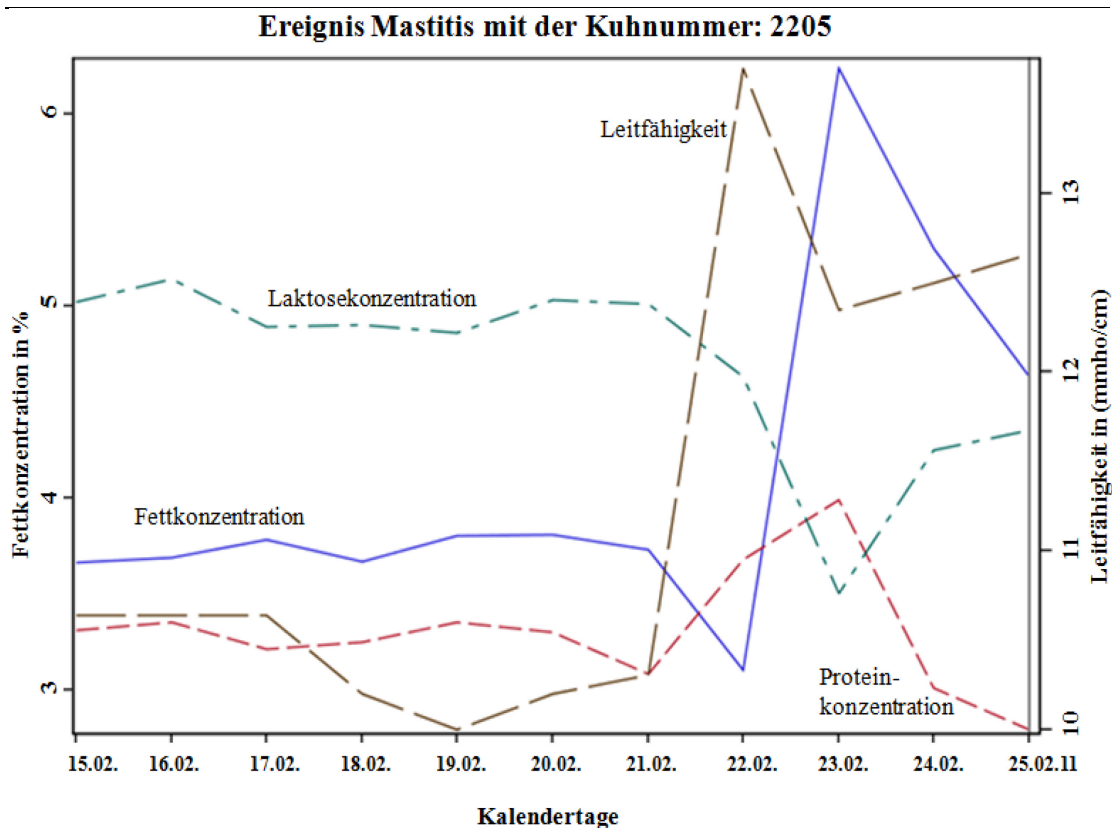


Abb. 12: Beispiel von Kuh 2205 dokumentiert am 22.02.2011, und Verlauf von Fett, Protein, Laktose und Leitfähigkeit bei einer Mastitis

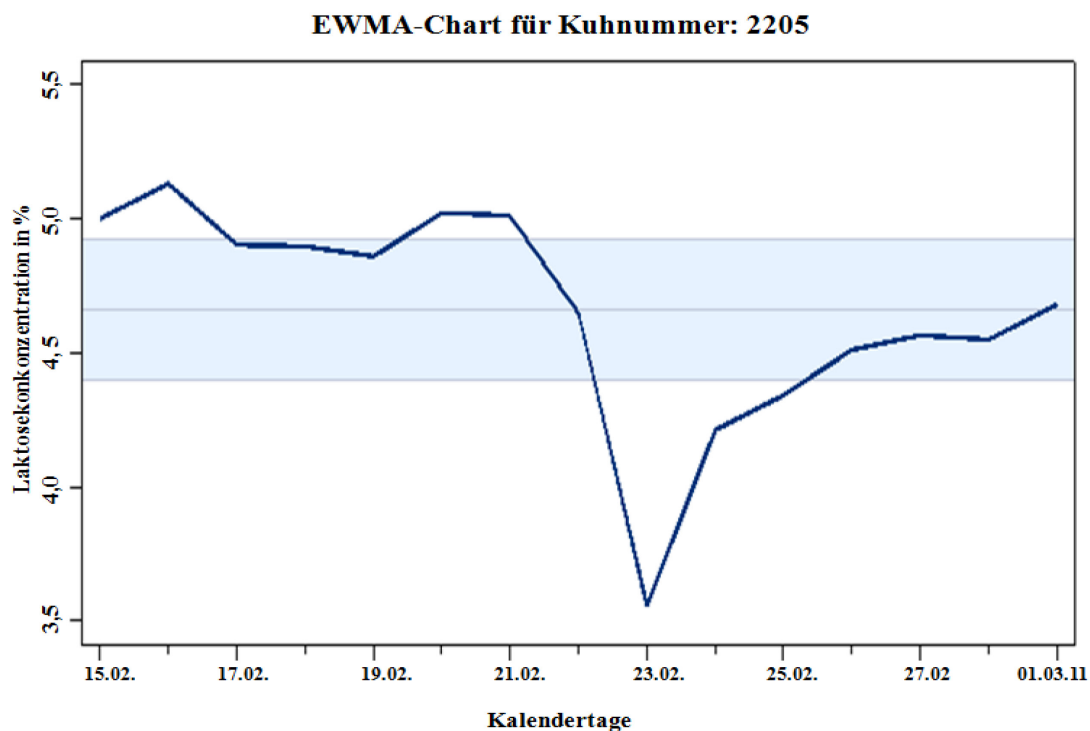


Abb. 13: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 2205 dokumentiert am 22.02.2011 bei einer Mastitis

4.3.2. Modell: Verletzung

Zweistufiges Modell I: Event Verletzung (INJ) = Mobilität + Milchmenge

Dreistufiges Modell II: INJ = Aktivität + Milchmenge + Laktosekonzentration

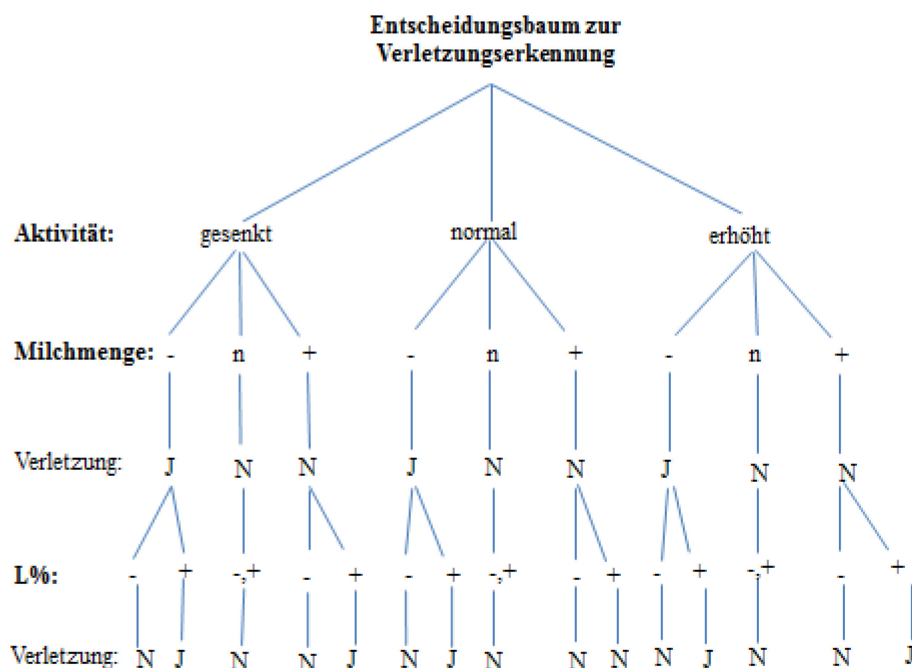


Abb. 14: Entscheidungsbaum zur Verletzungserkennung mit Mobilität, Milchmenge und Laktosekonzentration

Als Entscheidung einer Anomalie bei einer Verletzung wurde bei der Milchmenge jeweils ein Abfall der Menge von 20% berücksichtigt und somit als Krankheitsfall deklariert. Bei der Laktosekonzentration wurde jeweils eine Abweichung von plus 0,2 Punkten berücksichtigt und als Alarm ausgewiesen, da sich an den ermittelten Standardabweichungen (siehe Tab. A 3 – A 5: Deskriptive Statistik) und an der Signifikanzprüfung (siehe Tab. A 17: Signifikanzprüfung von Laktosekonzentration zur Modellwahl) orientiert wurde. Für die Berechnung war Laktose somit eventberücksichtigt geeignet, da sie signifikant war.

Die Abweichungen lagen eventberücksichtigt auf Grund der großen Schwankungen bei der Laktosekonzentration zwischen 0,07% und 0,27%-Punkten im positiven Bereich (*siehe Tab. A 31: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktosekonzentration*).

Als Beobachtungszeitraum wurde eventberücksichtigt einen Tag vor und drei Tage nach der Dokumentation festgesetzt. Bei der Mobilität ist die Verletzung für Herde II nicht signifikant. Die Abweichungen der Schrittzahl in Bezug zum Ereignis schwanken eventberücksichtigt geringfügig zwischen 31,14 und minus 11,75 Schritten (*siehe Tab. A 43: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Mobilität*). Als Entscheidung eines Krankheitsfalls wurde aber eine Veränderung der Mobilität bei Verletzung von minus 50 Schritten gewählt. Da anzunehmen ist, dass Kühe bei Verletzungen in ihrer Aktivität eingeschränkt sind und die Leitfähigkeit nicht signifikant zu Verletzungen war, wurde sich im Entscheidungsmodell für die Mobilität entschieden. Am Tagesverlauf lässt sich die Notwendigkeit der eventberücksichtigten Berechnung gut erkennen. Die Laktosekonzentration, welche im Durchschnitt zwar bei 46,34% Erkennungsrate liegt (*siehe Tab. 13: Erkennungsraten Mastitis, Verletzung und Infektion*), hat ihre höchste Erkennung mit 73,81% erst zwei Tage nach der Erkennung in Tab. 12 (*Erkennungsrate und Spezifität im Tagesverlauf*). Da es erst später zu einer körperlichen Beeinträchtigung kommt. Betrachtet man die Mobilität, dann wäre eine taggenaue Erkennung vorteilhaft, wobei ohne Laktosegehalt es zu keiner verbesserten Erkennung kam. Im visuellen Tagesverlauf fällt Laktose zeitnah und sogar Tage vorher zum Dokumentationstermin (*Abb. 16: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 994*), wobei Eiweiß und Fett steigen, aber zu einem späteren Zeitpunkt (*Abb. 15: Beispiel von Kuh 994*).

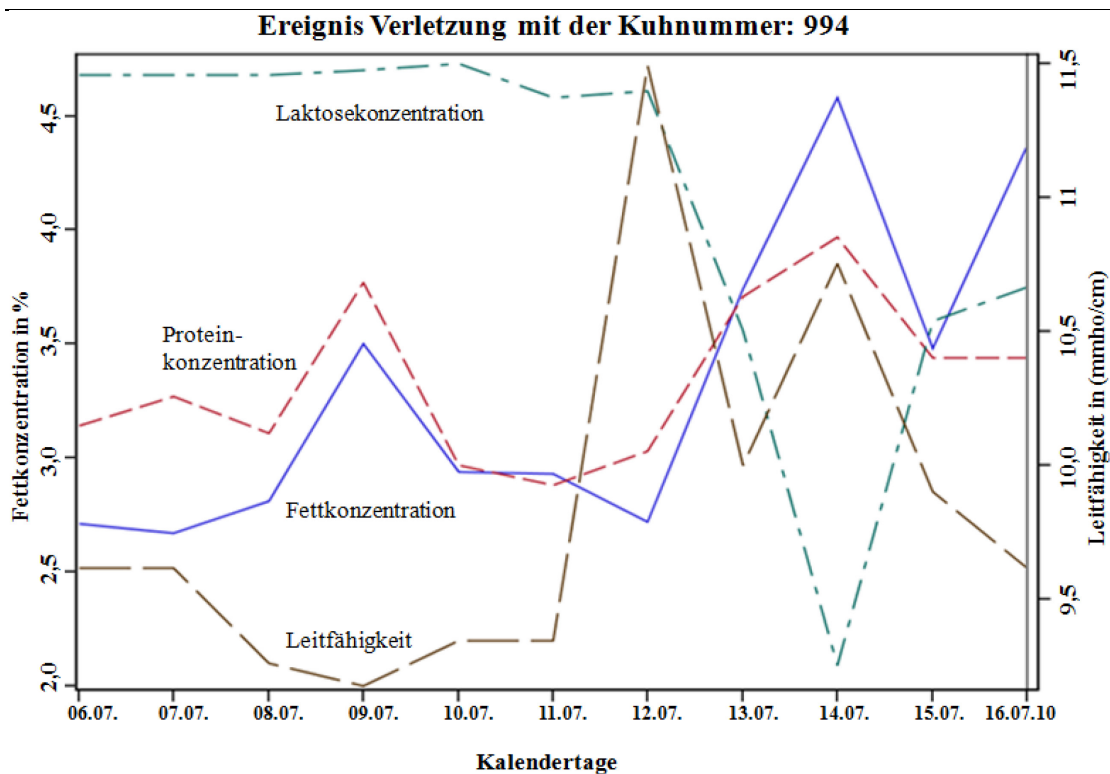


Abb. 15: Beispiel von Kuh 994 dokumentiert am 13.07.2010, und Verlauf von Fett, Protein, Laktose und Leitfähigkeit bei einer Verletzung

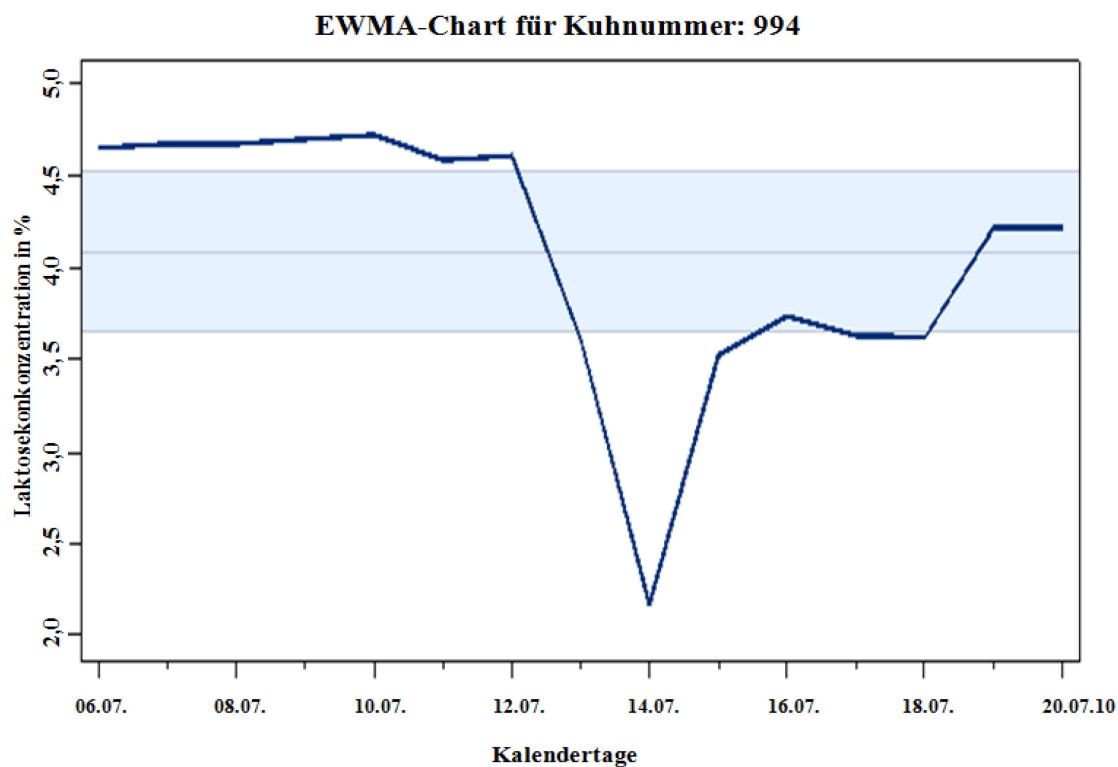


Abb. 16: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 994 dokumentiert am 13.07.2010 bei einer Verletzung

4.3.3. Modell: Infektion

Zweistufige Modell I: Event Infektion (INF) = Leitfähigkeit + Milchmenge

Dreistufige Modell II: INJ = Leitfähigkeit + Milchmenge + Laktosekonzentration

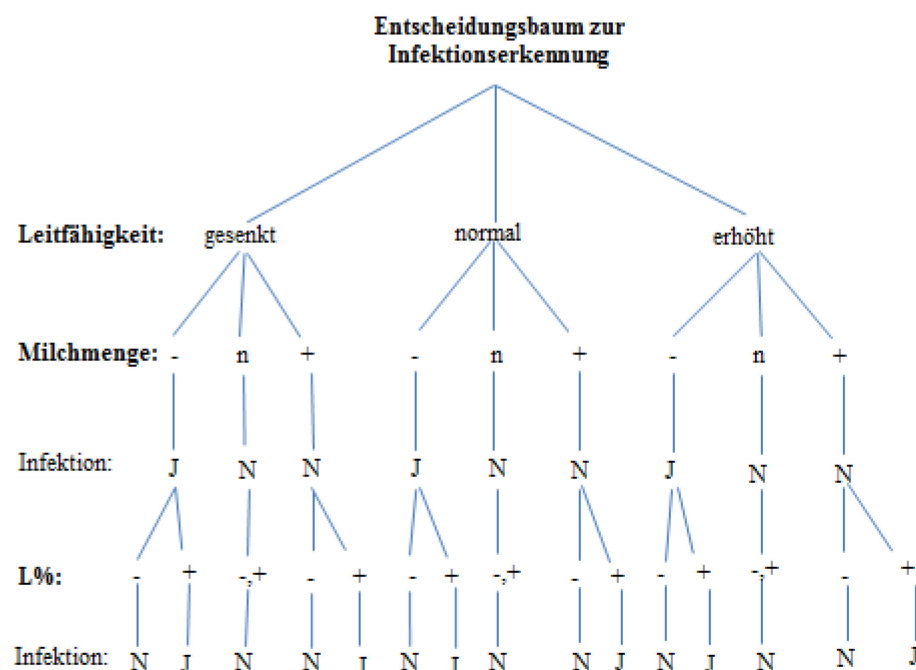


Abb. 17: Entscheidungsbaum zur Infektionserkennung mit Leitfähigkeit und Laktosekonzentration in %

Die Verwendung der Leitfähigkeit im Entscheidungsmodell Laktose-Konzentration zur Infektion ist nicht signifikant, wobei aber in der Literatur darauf hingewiesen wird, dass Leitfähigkeit ein Anzeiger bei Infektionen ist (siehe *SCHRIFTREIHE LfULG 2011*). Daher wurde sie im Entscheidungsbaum aufgenommen. Als Entscheidung bei der Infektion wurde eine Veränderung der Leitfähigkeit von 1,3 mmho/cm erhöht gewählt (siehe *Tab. A 3 – A 5: Deskriptive Statistik*). Bei visueller Betrachtung im Control-Chart steigen oder fallen Leitfähigkeit und Fett sehr stark zum benannten Krankheitstermin, wobei Laktose zum Zeitpunkt der Dokumentation einer Infektion fällt (siehe *Abb. 18: Beispiel Verlauf von Protein, Laktose und Laktose-Eiweißkonzentration bei Kuh 873 dokumentiert am 13.03.2011*).

Protein allein eignet sich nicht, da entweder keine Reaktion oder steigende und fallende Werte auftreten und somit eine Unzuverlässigkeit zur Krankheitserkennung besteht. Die Laktose-Eiweiß-Konzentration fällt vor der Erkennung und steigt danach wieder stark an. Trotz der erheblichen Schwankungen liegt die Laktose-Konzentration in positiven Bereichen von 0,04 bis 0,12 Prozentpunkten (*siehe Tab. A 31: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktosekonzentration*). Im visuellen Vergleich besteht zwar eine deutliche Erkennung, aber in einer Berechnung kommt es nur zu einer Erkennung von 37,91%, wobei diese positive Abweichung im Entscheidungsbaum von +0,05% verwendet wurde, um Infektionen zu erkennen und einen Alarm anzuzeigen. Diese Ausschläge sind deutlich am EWMA-Chart zu erkennen (*siehe Abb. 19: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 873 dokumentiert am 13.03.2011*). Auffällig war, dass die Problemtiere eine starke Affinität zu Erkrankungen haben - d.h. Krankheiten bestehen über die Laktationen.

Tab. 13: *Erkennungsraten Mastitis, Verletzung und Infektion*

Methode	Mastitis			Verletzung			Infektion		
	ER	SP	FR	ER	SP	FR	ER	SP	FR
Ohne Laktose									
Leitfähig- keit	21,12%	88,18%	76,38%				16,13%	88,36%	85,46%
Nur Mobilität				12,2%	92,89%	84,28%			
Milch- menge	25,89%	87,9%	72,99%	19,02%	90,61%	81,94%	21,95%	87,98%	81,69%
Mit Laktose	L%			L%			L%		
	< 0.1			< 0.2			< -0.05		
	37,37%	58,38%	86,56%	46,34%	63,64%	87,82%	37,91%	62,85%	88,87%

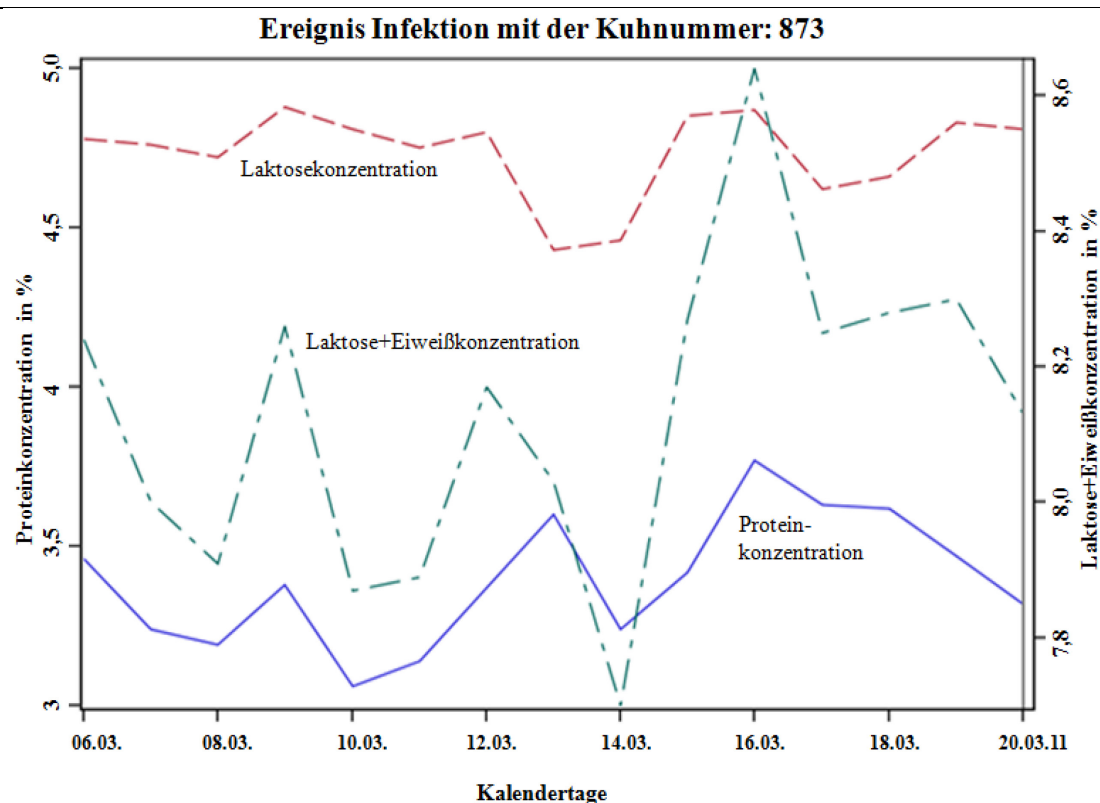


Abb. 18: Beispiel Verlauf von Protein, Laktose und Laktose+Eiweißkonzentration bei Kuh 873 dokumentiert am 13.03.2011 bei einer Infektion

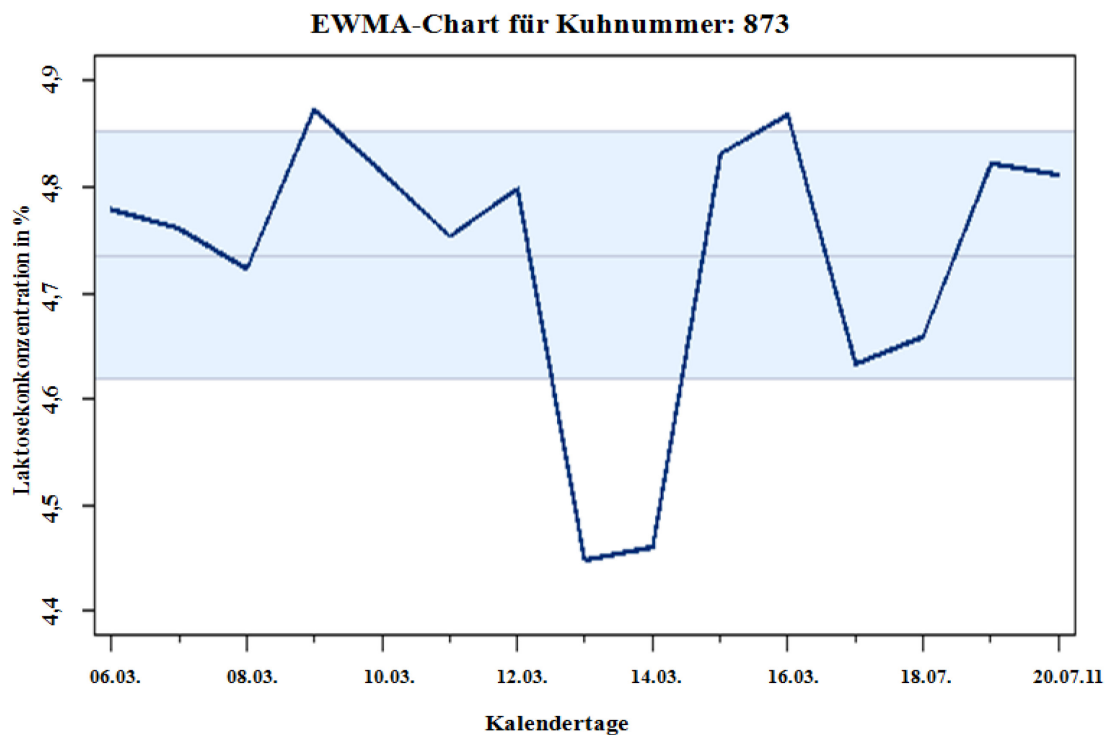


Abb. 19: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 873 dokumentiert am 13.03.2011 bei einer Infektion

4.3.4. Modell: Stoffwechsel

Zweistufige Modell I: Event Stoffwechsel (STW) = F:E- Quotient + Milchmenge

Dreistufige Modell II: STW = F:E- Quotient + Fett-Laktose- Quotient

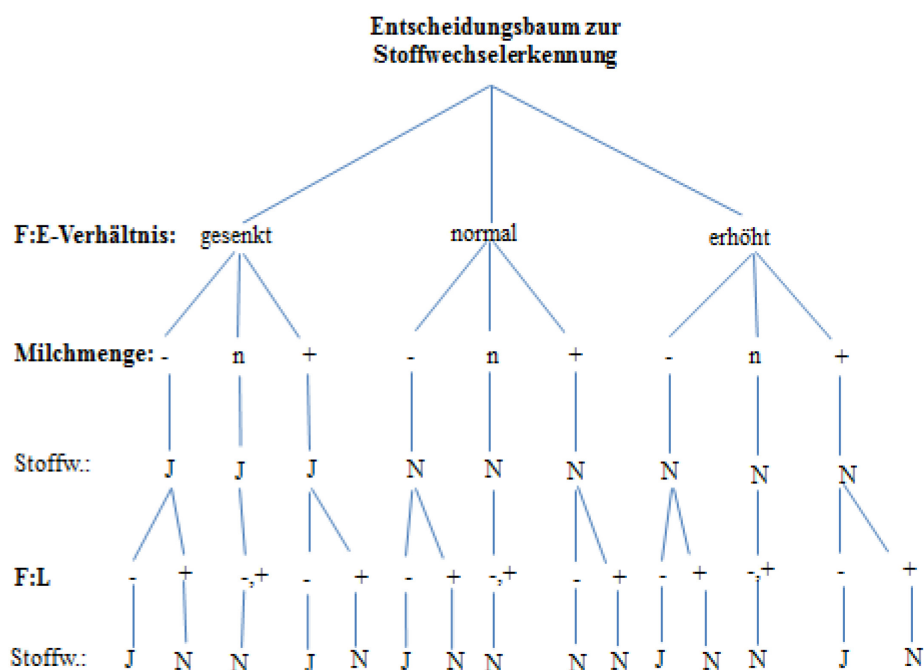


Abb. 20: Entscheidungsbaum zur Stoffwechselerkennung mit Fett-Eiweiß- und Fett-Laktose-Quotient

Als Entscheidung bei Stoffwechselproblemen wurde eine Veränderung des Fetteiweißquotienten, wie in den Kennzahlen (siehe Tab. A 3 – A 5: Deskriptive Statistik) angegeben verwendet. Dieser lag eventberücksichtigt im negativen Bereich von minus 0,08 bis minus 0,19 Zählern (siehe Tab. A 40: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei dem Fett-Eiweiß-Quotient). So wurde bei einer Abweichung von 0,1 als Entscheidung am Ende des Blattes bei einem gesenkten F:E-Quotient mit Ja als Alarm gewählt. Bei Milchmenge wurde jeweils ein Abfall der Menge von 20% berücksichtigt und somit als Alarm deklariert. Beim Fett-Laktose-Quotienten wurde jeweils eine Abweichung von minus 0,1 berücksichtigt, da die ermittelten Abweichungen aus der Signifikanzprüfung vom Fett-Laktose-Quotienten verwendet

wurden (*siehe Tab. A 40: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei dem Fett-Laktose-Quotienten*). Die negative Abweichung lag zwischen -0,073 und -0,13. Am Tagesverlauf der Erkennungsrate ist eine hohe Identifikation besonders im früheren Verlauf der Analyse zu erfassen, welche dann nach der Behandlung wieder fällt (*siehe Tab. 14: Erkennungsrate und Spezifität bei Stoffwechselproblemen im Tagesverlauf*). In der visuellen tierspezifischen Darstellung war Laktose und Eiweiß leicht bis gleichmäßig fallend und die Laktose-Fett-Konzentration fiel zum Dokumentationszeitpunkt stark ab, bei einer Erkennung von 41,92% und 59,97% Spezifität. In den EWMA-Charts ist die Laktose-Fett-Konzentration vorher steigend und dann fallend, daher ist zu vermuten, dass die Milchleistung den Stoffwechsel überfordert (*siehe Abb. 21: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 4708 dokumentiert am 31.05.2010*). So liegt bei der Laktose-Fett-Konzentration eventberücksichtigt eine starke Abweichung im negativen Bereich von -0,26 und -0,46% Punkten. Laktose-Fett% hat im Tagesverlauf besonders vor der Erkennung der Stoffwechselstörung mit 47,02 % am dritten Tag vor der Identifikation und 52,15 % bei einem Tag vorher eine sehr hohe Erkennungsrate. Das Modell mit dem Fett-Laktose-Quotienten liegt sogar mit 53,81 und 58,15% über dieser Erfassung, wie im Tagesverlauf deutlich zu erkennen ist. Diese zusätzliche Verwendung von weiteren Parametern (*siehe Tab. 14: Erkennungsrate und Spezifität bei Stoffwechselproblemen im Tagesverlauf*) soll deutlich machen, inwieweit eine Verbesserung der Erkennung möglich ist. Wie in *Tab. 15: Erkennungsraten Verletzung, Brunst und Stoffwechsel* erfasst lag die LF-Menge bei einer Erkennung 44,88% und 55,95% Spezifität. Beim Entscheidungsbaum LF-Menge und F:E-Quotient errechnet sich eine Erkennungsrate von 48,22% und 88,61% Spezifikation bei der EWMA. Eine Erkennungsrate bei F:E-Quotient ergab 13,23% und 95,23% Spezifität, bei einer Fehlerrate von 65,41% (*siehe Tab. 15: Erkennungsraten bei Verletzung, Brunst und Stoffwechsel*). Obwohl F:E in der Literatur (LINDENBECK 2010) als markanter Anzeiger für Stoffwechselstörungen benannt wird, gibt es kaum Veränderung und verbessert nicht die Erkennung.

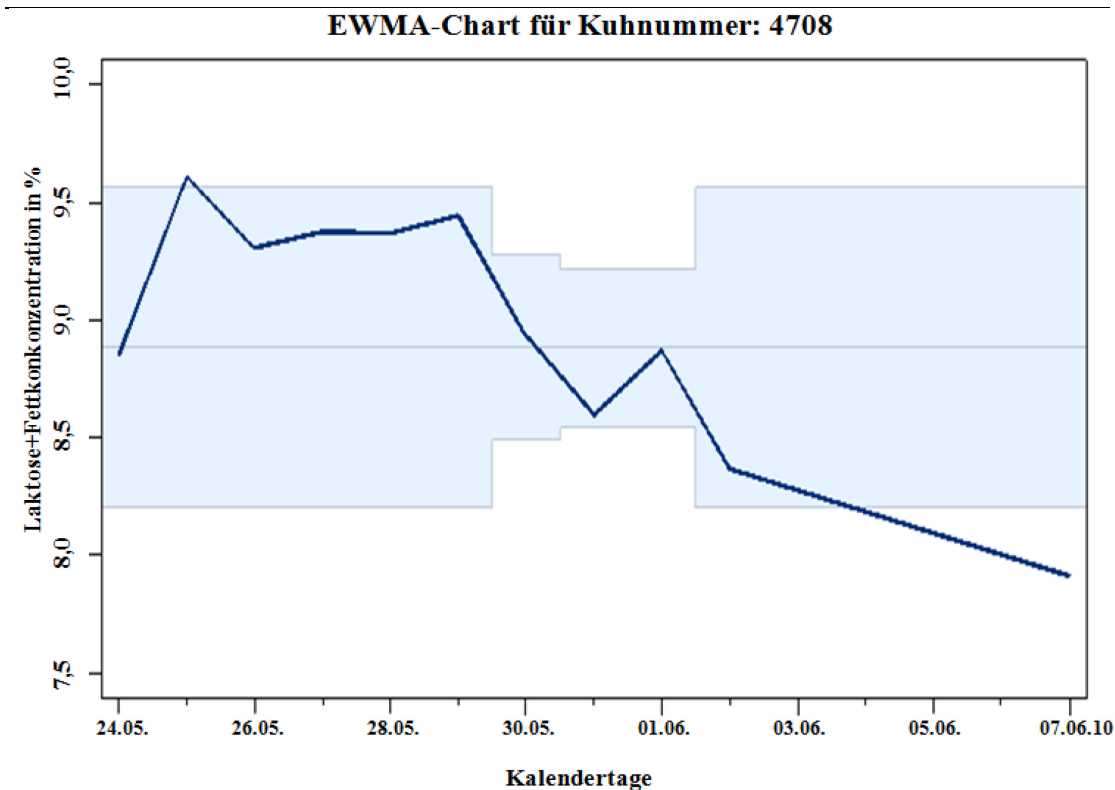


Abb. 21: Beispiel für EWMA-Chart für Kuh 4708 dokumentiert am 31.05.2010 bei Stoffwechselproblemen

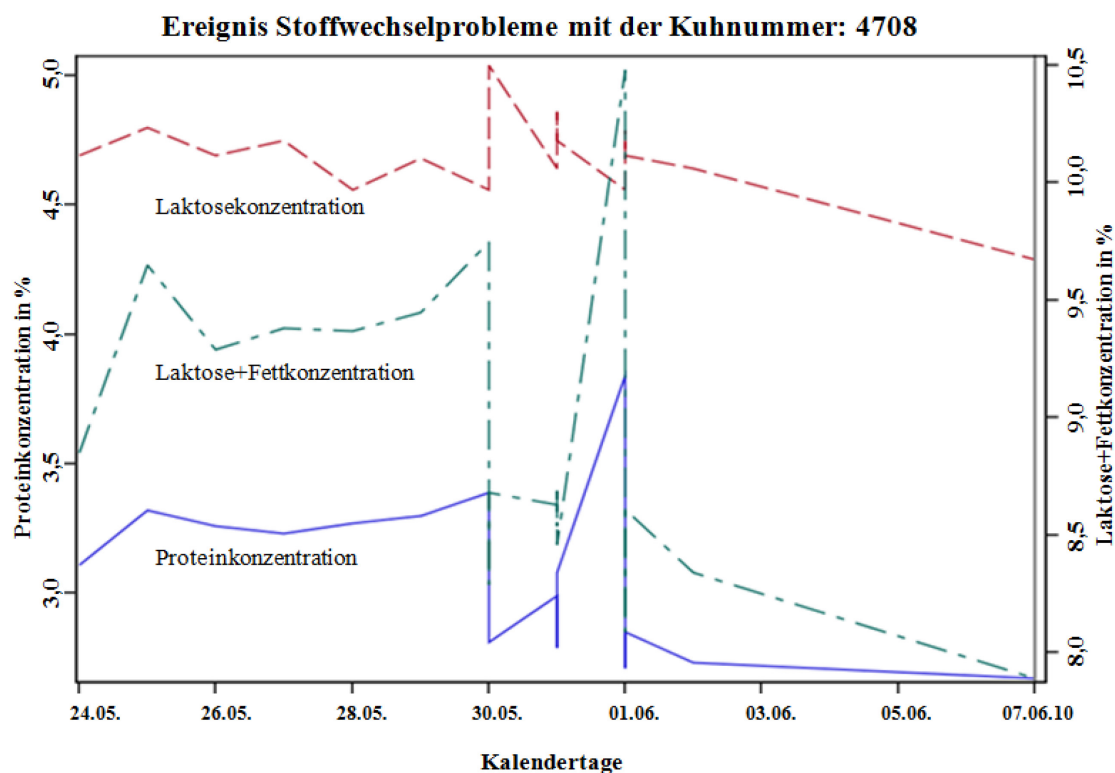


Abb. 22: Verlauf Protein, Laktose und Laktose+Fett % für Kuh 4708 dokumentiert am 31.05.2010 bei Stoffwechselproblemen

Tab. 14: Erkennungsraten und Spezifität bei Stoffwechselproblemen im Tagesverlauf

Methode	T.v.T.n.	LF%		LF-Menge		Methode	F:E+ F:L	
		ER	SP	ER	SP		ER	SP
Mit LF%	-3	47,02	59,97	30,95	55,95	Mit F:L	53,81	56,37
	-2	46,33	59,97	26,55	55,95		54,03	56,37
	-1	52,15	59,97	29,57	55,95		58,15	56,37
	0	35,61	59,97	38,54	55,95		40,16	56,37
	+1	36,77	59,97	63,23	55,95		40,40	56,37
	+2	39,92	59,97	57,36	55,95		42,24	56,37
	+3	40,00	59,97	52,79	55,95		41,08	56,37
Nur F_E	-3	5,95	92,51	5,95	92,51	Nur F_E	15,23	95,23
	-2	11,3	92,51	11,30	92,51		14,22	95,23
	-1	11,83	92,51	11,83	92,51		23,79	95,23
	0	11,22	92,51	11,22	92,51		12,99	95,23
	+1	11,21	92,51	11,21	92,51		15,82	95,23
	+2	9,30	92,51	9,30	92,51		8,91	95,23
	+3	7,21	92,51	7,21	92,51		7,82	95,23
Ohne LF%	-3	13,69	91,37	13,69	91,37	Ohne F:L	14,72	97,12
	-2	23,73	91,37	23,73	91,37		19,43	97,12
	-1	26,34	91,37	26,34	91,37		20,26	97,12
	0	20,49	91,37	20,49	91,37		13,78	97,12
	+1	11,21	91,37	11,21	91,37		7,74	97,12
	+2	12,02	91,37	12,02	91,37		6,90	97,12
	+3	7,21	91,37	7,21	91,37		6,11	97,12

4.3.5. Modell: Endometritis

Zweistufige Modell I: Event Endometritis (END) = LE% + Milchmenge

Dreistufige Modell II: END = LE% + Milchmenge + Laktose-Fett %

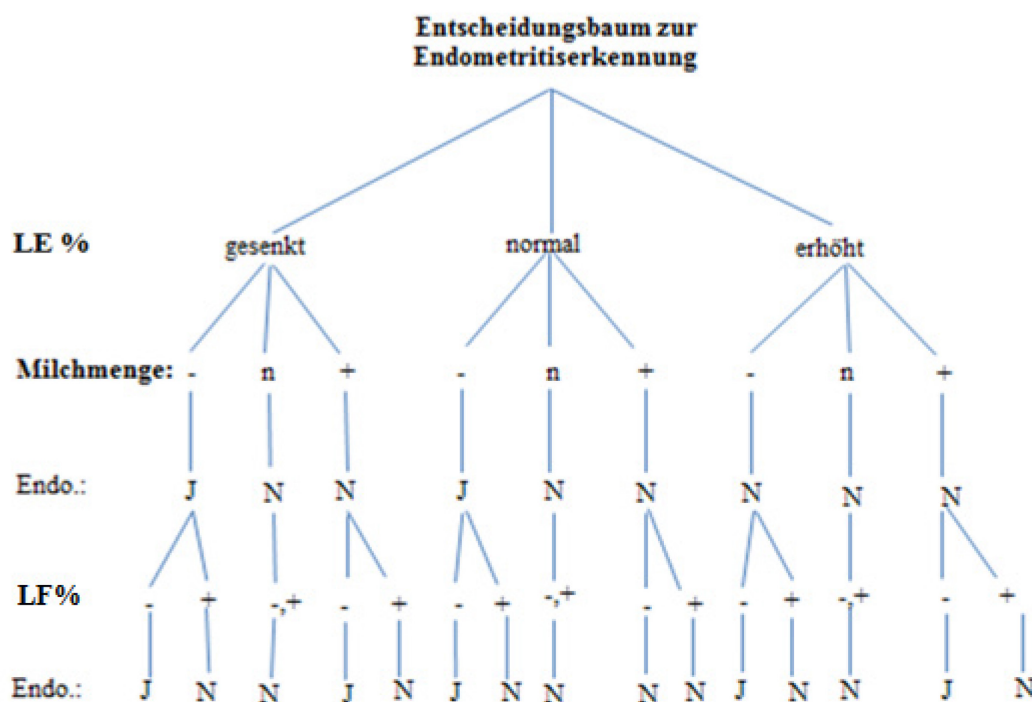


Abb. 23: Entscheidungsbaum zur Endometritiserkennung mit LE% und LF%

Als Entscheidung bei Endometritis wurde eine Veränderung der Eiweiß-Laktose-Konzentration von minus 0,05 gewählt (siehe Tab. A 33: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Proteinkonzentration). LE% ist zur Endometritis eventberücksichtigt signifikant (siehe Tab. A 19: Signifikanzprüfung von Laktose-Proteinkonzentration zur Modellwahl). Bei Milchmenge wurde jeweils ein Abfall der Menge von 20% berücksichtigt und somit als Problem deklariert. Bei einer negativen Abweichung von 0,05% liegt die Erkennungsrate bei 54,23% und hat eine Spezifität von 55,63%. FL% ist Signifikant zur Endometritis und ist mit einer negativen Schwankung von 0,2% als Alarm ausgegeben.

Da bei einer Endometritis die Infektion nicht Tag genau ermittelt werden kann und eine Heilung längere Zeit erfordert, muss ein längerer Zeitraum in Betracht gezogen werden, dieser wurde durch Signifikanzprüfung auf 7 Tage vorher und 3 Tage nachher festgelegt. Obwohl diese unterschiedlichen Schwankungen zu erkennen sind, ist die Standardabweichung gleichmäßig im negativen Bereich zwischen -0,24 und -0,37% Punkten (*siehe Tab. A 35: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fettkonzentration*). Modell LE% hat sich mit der höchsten Erkennung von 48,99-59,62 % im Tagesverlauf erwiesen.

Tab. 15: Erkennungsraten Endometritis, Stoffwechsel und Brunst

Methode	Stoffwechsel			Endometritis			Brunst -0.03		
Ohne Laktose	ER	SP	FR	ER	SP	FR	ER	SP	FR
Nur Leitfähig				7,99%	93,95%	65,31%			
MM	11,48%	97,12%	56,78%	11,66%	93,33%	58,71%	6,79%	90,09%	94,76%
Mobilität							36,31%	92,64%	71,52%
F:E	13,23%	95,23%	65,41%						
Mit Laktose									
LE % < -0.05				54,23%	55,63%	48,74%			
F:L									
-0.1	45,75%	56,37%	83,32%						
FLE% - 0.02							48,32%	54,31%	91,12%

4.3.6. Modell: Brunst

Zweistufige Modell I: Event Brunst (BRU) = LFE% + Milchmenge

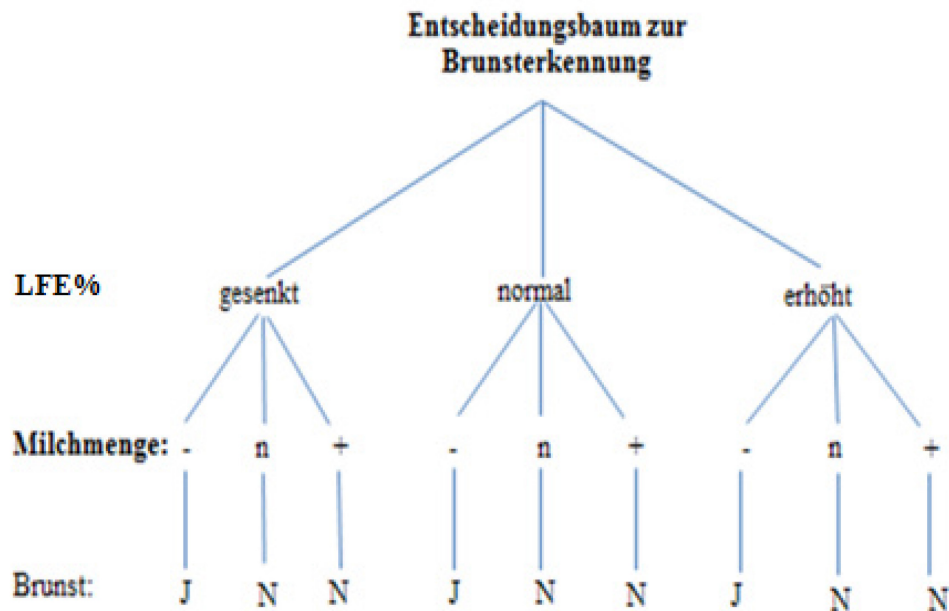


Abb. 24: Entscheidungsbaum zur Brunsterkennung mit LFE%

Da die Mobilität keine Verbesserung in der Erkennung ergab, war es ausreichend mit einem zweistufigen Entscheidungsbaum zu arbeiten. Das Modell mit LFE% + Milchmenge hat sich in den Berechnungen sogar mit 48,32% als höhere Erkennung erwiesen (siehe Tab. 15: Erkennungsraten Endometritis, Stoffwechsel und Brunst). Bei Milchmenge wurde jeweils ein Abfall der Menge von 20% berücksichtigt und somit als Auffälligkeit deklariert. Da Brunst ein kurzfristiges Ereignis ist, wurde die Berechnung auf einen Tag vorher und einen Tag nach der Dokumentation sowie der signifikanten Parameter mit der entsprechend gleichmäßigen Schwankung für diesen Zeitraum festgelegt. Bei der Laktose-Fett-Eiweißkonzentration wurde jeweils eine Abweichung von minus 0,03% berücksichtigt, dabei wurden die ermittelten Abweichungen aus der Signifikanzprüfung verwendet (siehe Tab. A 37: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fett-Proteinkonzentration).

Die Abweichungen lagen im negativen Bereich zwischen -0,02 bis -0,06. Im visuellen Tagesverlauf steigen Schritte Tag genau und die Laktosekonzentration fällt auch einen Tag früher, oft auch sehr stark. Fett und Eiweiß fällt oder steigt mehr oder weniger stark, aber nicht zuverlässig.

4.3.7. Modell: Stress

Aufgrund der Datenfülle, nicht optimalen Signifikanzwerten und Abweichungen, wird nur kurz auf die Ereignisse und Erkrankungen, Stress, Fieber, Diarrhöe und Klauenerkrankungen eingegangen. Eine Signifikanz von Stress zu Laktosekonzentration sowie Mobilität zu Stress ist gegeben. Bei Abweichungen von plus 0,01% ergibt sich eine Erkennungsrate von 40,54% bei einer geringen Spezifität von 57,94%. Eventberücksichtigt (*siehe Tab. A 31*) ergibt sich eine positive Schwankung von 0,013-0,032% bei der Laktosekonzentration. Schritte, Fett und Eiweiß korrelieren meist nicht einheitlich. Laktose-Konzentration fällt in der EWMA-Grafik einen Tag vorher ab. Diese Ausschläge sind deutlich am EWMA-Chart zu erkennen. Protein und Fett steigt oder fällt, nicht einheitlich. Der Beobachtungszeitraum wurde mit dem Tag der Erkennung bis 3 Tage nach der Dokumentation festgesetzt. Im Tagesverlauf lässt sich erfassen, dass die Erkennung vom Tag der Identifikation durch das Herdenpersonal ansteigt, hierbei reagiert die Laktosekonzentration sofort und ist mit der Milchmenge summiert im Vorteil mit einer Erkennungsrate von 40,49 bis 48,22 % - als sehr hoch einzustufen.

Tab. 16: Erkennungsraten Stress, Fieber, Diarrhoe und Klauenerkrankungen

Methode	Stress			Fieber			DIA			LAH		
Ohne Laktose	ER	SP	FR	ER	SP	FR	ER	SP	FR	ER	SP	FR
Nur Mobilität	14,68	92,41	79,55	7,56	97,73	68,13	25,46	91,51	74,49	10,62	93,32	62,11
MM	14,68	91,85	80,01	20,8	96,21	56,52	12,73	94,26	79,80	11,5	92,47	63,03
Mit Laktose	LF%											
L%	40,54	57,94	88,2	33	70,27	90,28	39,84	64,90	88,53	38,2	60,67	72,85

4.3.8. Modell: Fieber

Für den Berechnungszeitraum wurden die bei der Signifikanzprüfung gewählten 1 Tag vor und drei Tage nach der Dokumentation verwendet. Bei der Laktosekonzentration wurde jeweils eine Abweichung von minus 0,2 und plus 0,2 berücksichtigt, da die ermittelten Abweichungen aus der Signifikanzprüfung von Laktose verwendet wurden. Bei Mobilität ist Fieber in Herde zwei nicht signifikant. Aber es gab keine bessere Parameterwahl, da wie aus der Analyse hervorgeht eine Erkennung von Fieber mit Mobilitätsminderung einhergeht. Möglich wäre auch eine Berücksichtigung der Leitfähigkeit, da diese auch mit erhöhten Werten bei einem Krankheitsverlauf reagiert. Laktose fällt teilweise einen Tag vorher, daher stellt sich die Frage, ob erst später Fieber erkannt wurde. Leitfähigkeit, Fett und Protein steigt teilweise zeitversetzt und Ausschläge sind mehr oder weniger stark. Oft reagiert ein Parameter auf die Veränderung, wie bei Behandlungserfolg oft deutlich sichtbar, z.B. Kuhnummer 601, wo einen Tag vorher Laktose fällt und dann nach der Behandlung ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen ist (*siehe Abb. 25: EWMA-Chart für Kuh 601*).

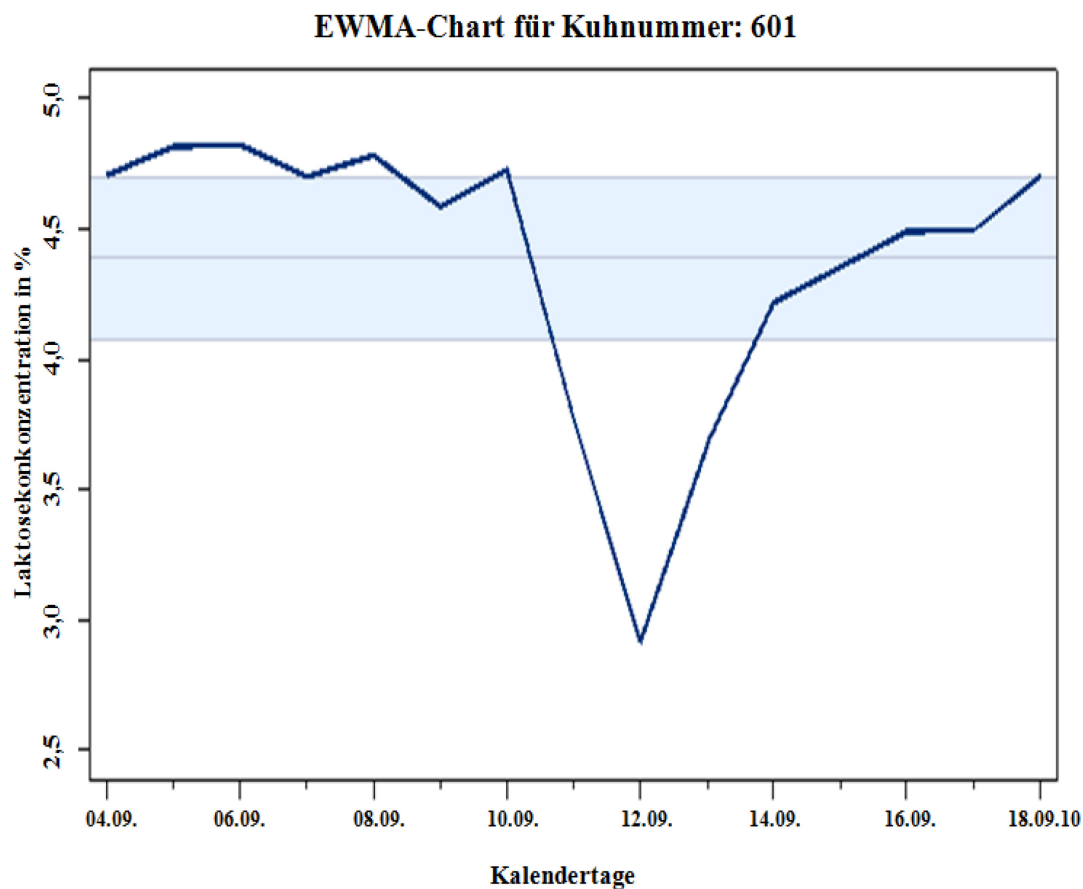


Abb. 25: Beispiel EWMA-Chart für Kuh 601 dokumentiert am 12.09.2010 bei Fieber

Auf Grund der starken Schwankungen resultiert eine negative -0,28% bis 0,226% Punkte positive Abweichung (siehe Tab. A 31). Im Entscheidungsmodell wurden bei einer Veränderung ab 0,2% fallend oder steigenden Werten und einen Tag vorher, sowie drei Tage nach dem Beobachtungszeitraum gewählt. Die Erkennungsrate liegt dann bei 32,98% und die Spezifität bei 70,27%. In der grafischen Darstellung steigt Protein, Fett, Leitfähigkeit vor der Erkennung, wobei die Mobilität, Laktosekonzentration und Menge einen Tag vorher fällt. In der EWMA-Grafik fällt einen Tag vorher die Laktose-Konzentration und -Menge. Eine erhöhte Erkennung kommt aber erst bei drei Tagen nach der Dokumentation durch das Personal zustande, diese liegt zwar bei der Laktose-Menge mit 63,87% und 55,48% bei der Laktosekonzentration sehr hoch, welches auf spätere Belastungen durch die Erkrankung zurückzuführen ist.

4.3.9. Modell: Diarrhoe und Klauenerkrankungen

Die Leitfähigkeit ist zur Diarrhö in der Gesamtherdenbetrachtung signifikant. Auf Grund der Signifikanzprüfung wurde ein Zeitraum von einem Tag vorher und drei Tagen nachher ermittelt. LF% ist mit einer Differenz von minus 0,05% mit 42,02% Erkennungsrate als Diarrhö erkannt und hat bei einer Abweichung von 0,1% im gleitenden Mittel eine bessere Spezifität von 64,9% und 39,84% Erkennungsrate. Die Verwendung von Leitfähigkeit eignet sich im Entscheidungsmodell. Fett und Eiweiß steigt, wobei Laktose fällt und sogar einen Tag vorher reagiert. Laktose-Fettkonzentration zeigt deutlich Schwankungen um den Erkrankungstermin, hierbei steigt er vorher an und fällt stark ab, dann wieder ein starker Anstieg. Die Standardabweichung liegt dennoch bei einer negativen Differenz von -0,05173 bis -0,3687 des Laktose-Fettgehaltes. Ein Entscheidungsmodell mit nur Fett erbringt eine Erkennungsrate von 34,96% und eine Spezifität von 78,54%. Mit Hilfe des EWMA erreichen wir 34,29% Erkennungsrate und eine Spezifität von 88,45%.

Bei Klauenerkrankungen waren bei Herden eins, zwei und für den gesamten Tierbestand bei einem Tag vorher und einem Tag nach der Erkennung keine Signifikanz vorliegend, daher wurde ein krankheitsbedingter Berechnungszeitraum berücksichtigt. Die Mobilität ist eventberücksichtigt zur Erkrankung signifikant. Eine Verbesserung der Erfassung wurde mit Laktose und einer Anpassung des Berechnungszeitraumes 7 Tagen vorher und 7 Tagen nachher mit 38% erreicht. Die Standardabweichung liegt auf Grund des längeren Berechnungszeitraumes bei einer geringen Differenz von minus 0,04 bis plus 0,02.

5. Diskussion

Die vorliegenden Untersuchungen verfolgten das Ziel, Erkrankungen, in erster Linie Stoffwechsel-, Euter- sowie Infektionserkrankungen, sowie Ereignisse wie Brunst mithilfe von Abweichungen im Laktosegehalt (der Milch) zu identifizieren.

5.1. Laktosekonzentration

Während der Laktation gilt der Aufbau von Laktose aus Glucose als der die Milchsynthese begrenzende Schritt und damit als ein Schlüssel für hohe Milchleistungen (ROSSOW 2003c; BLUM 2004). LOSAND (2010) weist darauf hin, dass der Laktosegehalt der Milch als Indikator für Stoffwechsel und Eutergesundheit ungenügend Beachtung findet. Mit den vorliegenden Ergebnissen finden frühere Forderungen nach einer automatischen Überwachung des Laktosegehaltes eine Bestätigung (LOSAND, 2010), ebenso die Hinweise von RENNER (1975), der den Laktosegehalt zur Erkennung sekretorischer Störungen als geeignet befindet, und von MARTIN et al. (2007), die Erkrankungen des Puerperiums über niedrigere Laktosewerte festgestellt haben. Die höchste Sensitivität bei der Mastitiserfassung weist ein Laktosegrenzwert von $> 4,70\%$ nach KRÖMKER et al. (2001) und Untersuchungen von ARNOULD et al. (2013) sehen die Laktoseabweichung unter $4,5\%$ verifiziert. Auf den Laktosegehalt als wichtige Informationsquelle sollte zur Beurteilung der Leistung und Gesundheit in der Praxis und im wissenschaftlichen Monitoring nicht verzichtet und tierindividuelle Normalbereiche ermittelt werden. Die entscheidungsrelevanten Abweichungen im Laktosegehalt beziehen sich auf niedrige Werte, welche bei einer Energieunterversorgung und bei Funktionsstörungen des Euters zu finden sind, auch wenn diese sich noch nicht klinisch zeigen (FÜRL 1999).

5.2. Laktosemenge

Die Laktosemenge (kg/d) ist in ihrer Höhe und insbesondere in der Variabilität ihrer Werte von der Höhe der Milchmengenleistung und deren Variabilität beeinflusst (Standardabweichung 0,53 kg/d, Variationskoeffizient 30,71 % - (*siehe Tab. 10*). Die verfügbare Glukosemenge bestimmt das Ausmaß der Laktosesynthese und somit die Laktosemenge. Bei einem Herdendurchschnitt von laktationstäglich 1,74 kg Laktoseabfluss befinden sich auch die Kühe mit Klauenerkrankungen mit 1,77 kg/d, Brunst (1,72 kg/d) sowie Stress (1,72 kg/d) in einem vergleichbaren Bereich. Ereignisse wie Verletzungen und Mastitis sind nicht durch die deutlich niedrigeren Mittelwerte der Laktosemenge mit 0,93 kg/d bzw. 1,11 kg/d auffällig (*vgl. Tab. A 8*). Aus der Kombination einer verminderten Milchleistung und verringerten Laktosekonzentration sind Veränderungen zu beobachten, welche sich auch für alle weiteren erfassten Ereignisse in z.T. erheblichen negativen Abweichungen vom Mittelwert der gesunden Kühe zeigen. Diese betragen bei Kühen mit metabolischen Problemen 0,28 kg/d, bei Endometritis 0,44 kg/d, bei Diarrhoe 0,65 kg/d, bei Infektion 0,73 kg/d sowie bei Fieber 0,98 kg/d. Gegenüber den Milchinhaltsstoffen Eiweiß und Fett weisen Laktosemenge und Laktosekonzentration innerhalb der Laktationen deutlich geringere Schwankungen auf, ebenso erweisen sich die tierindividuellen Unterschiede bei gesunden Tieren als deutlich geringer.

5.3. Milchmenge

Die Variationsbreite der Milchmengenleistung von durchschnittlich 36,65 kg/d (*siehe Tab. 10*) ist in starkem Maße geprägt von laktationsabhängigen und hohen tierindividuellen Beeinflussungen (Standardabweichung 10,94 kg/d). Für die Ereignisse FIE, INF, INJ, MAS, DIA (*siehe Tabelle 9*) betrugen die Mittelwerte für die jeweilige Milchmengenleistung zwischen 21,69 kg/d bis 24,12 kg/d. Bezogen auf die Ereignisse variieren die Standardabweichungen zwischen 6,80 bis 12,85 kg/d. Die Milchmenge erkrankter Tiere (*siehe Tabelle A 6*) lag, unabhängig von der Art und Weise der Erkrankung, deutlich unter dem Herdenmittelwert. Derartige Leistungsminderungen von fast 40% an Milchmenge zum Herdendurchschnitt zeigen die gesundheitlichen und ökonomischen Schäden durch Erkrankungen deutlich auf.

Somit erweisen sich Entscheidungshilfen für das Herdenmanagement als zwingend notwendig. Für die Ereignisse Brunst, Klauenerkrankungen und Stress konnten in den vorliegenden Untersuchungen keine signifikanten Abweichungen festgestellt werden. Ein Zusammenhang zwischen hohen Milchleistungen und erhöhtem Erkrankungsrisiko konnte nicht festgestellt werden und bestätigt somit die Erkenntnisse von GRÖHN et al. (1995), die aufgrund des Fehlens von Korrelationen der Milchmengenleistung zur Erkrankungsinzidenz schlussfolgerten, dass Hochleistungskühe nicht zwanghaft ein erhöhtes Erkrankungsrisiko haben, solange die Haltungsvorfahren und die Fütterung ihren gestiegenen Erwartungen entsprechen. Die hohe Beeinflussbarkeit der Milchmengenleistung durch haltungstechnische, laktationsphysiologische und genetische Faktoren schränkt allerdings die Nutzbarkeit der Milchmenge als Entscheidungshilfe stark ein. Die Überprüfung der Nutzbarkeit anderer verfügbarer Messwerten, der Milchinhaltsstoffe Milchfett, Milcheiweiß und Laktose, erweist sich somit als unumgänglich. Bei einer kontraktiven Zufuhr von Glukose, aus der die Laktose gebildet wird, sinken der Laktosegehalt und die Milchmenge (LACY-HULBERTH et al. 1999). FOX et al. (1985) bekräftigen eine positive Korrelation innerhalb Laktosegehalt und Milchmengenleistung. Diese Feststellung konnte aus den vorliegenden Auswertungen nicht bestätigt werden, da sich die Laktose-Konzentration in den ersten Tagen post partum überproportional zur Milchmengensteigerung erhöht und danach über einen längeren Zeitraum nur gering um den Herdenmittelwert schwankt (vgl. GRABOWSKI 2000), während bis zur Laktationsspitze hin die Milchmengenleistung einen deutlichen Anstieg erfährt und danach langsam wieder abfällt. Die stoffwechselphysiologischen Regulationsvorgänge zur Laktosebildung sind in Kap. 2.2. sowie 2.3. beschrieben und die Zusammenhänge in Kap. 2.4. dargestellt.

5.4. Leitfähigkeit

Für eine Beurteilung der Messwerte der Leitfähigkeit sind vor allem die Abweichungen vom Mittelwert entscheidend, die sich in dem hohen Variationskoeffizient von 13,22 % (*siehe Tabelle 9*) zeigen. Diese hohe Variation fand auch in Auswertungen von KANIYAMATTAM, K.; DE VRIES, A. (2014) Bestätigung. Auch die SCHRIFTREIHE LfULG (2011) beschreibt diesen Parameter aufgrund physiologischer Faktoren mit einer erheblichen Variation, die bei dessen Anwendung zur Überwachung der Eutergesundheit zu beachten ist.

Die elektrische Leitfähigkeit der Milch (vgl. *Tab. A 4*) liegt in der Datenauswertung im Durchschnitt bei 11,28 mmho/cm mit einer Standardabweichung von 1,49 mmho/cm. In Abhängigkeit von den Ereignissen variieren die Mittelwerte zwischen 9,9 bis 11,5 mmho/cm, wobei die Ereignisse Mastitis mit besonders erhöhten Werten, Lahmheit und Verletzungen mit erkennbar niedrigeren Werten auffällig sind, verdeutlicht in der graphischen Darstellung (*siehe Abb. 6*), was in der Modellwahl berücksichtigt wurde.

5.5. Mobilität

Die Bewegungsaktivität, ausgedrückt in der gemessenen Schrittzahl, liegt im Durchschnitt der Herde bei 178,85 Schritten je Stunde. Klauenerkrankte Tiere wiesen mit 177,38 Schritten vergleichbare Werte auf. Die Ereignisse „Brunst“ und „Stress“ erhöhten die Schrittzahl deutlich auf 329,7 bzw. 266,5 Schritten. Kühe mit Stoffwechselbelastungen weisen mit 193,64 Schritten eine erhöhte Bewegungsaktivität auf, während die Ereignisse INF, DIA, INJ, FIE und MAS zu niedrigeren Mobilität tendieren (vgl. *Tab. A 12*).

5.6. Ereigniserkennung durch kombinierte Auswertungen

Das entscheidende Ergebnis ist der Zusammenhang zwischen Ereignissen und den Messwerten von Laktosegehalt und Laktosemenge. So findet sich jede Erkrankung bzw. jedes Ereignis in abweichenden Messwerten zum Laktosegehalt wieder. Am niedrigsten waren die Abweichungen bei Klauenerkrankungen (LAH) mit 0,27% und mit 1,23% beim Stress (STR) am höchsten. Somit sind alle Ereignisse außer den

Klauenverletzungen mit niedrigen Laktosegehalten gekoppelt. Eine Erkennung mit Laktose als Entscheidungskriterium erbrachte bei Verletzungen eine 46,34%ige, bei der Diarrhoe mit Hilfe von LF% und einer Differenz von minus 0,05% eine 42,02%ige Erfassung der Erkrankung bei einer Spezifikation von 57,88%. Hingegen sind die Abweichungen bei der Laktosemenge (1,46 kg/d) vom Mittelwert nicht so stark und so wurde im Modell besser mit der Laktosekonzentration gerechnet. Kurzfristige Veränderungen wie Brunst (1,72 kg/d) und Stress (1,72 kg/d) hatten Abweichungen zur Folge. Eine Fieber-Erkennung erreichte erst nach drei Tagen der Ermittlung bei Laktosemenge und am gleichen Tag mit der Fett-Laktose-Konzentration eine hinreichende Aussagegenauigkeit. Das Bilden von Quotienten innerhalb der Milchinhaltsstoffe, wie z.B. beim Protein-Fett-Quotient oder Laktose-Fett-Quotient, eignete sich auch als aussagekräftiger Parameter. Rückschlüsse auf die Stoffwechsellage sind möglich und es können zeitnah Entscheidungen herbeigeführt werden. So konnte der ermittelte Fett-Laktose-Quotient (FLQ), der nach REIST et al. (2002) auch ein charakteristischer Indikator für die Energiebilanz sein soll, welcher negativ mit diesem korreliert, als Indikator von Stoffwechselerkrankungen bestätigt werden. Nach STEEN et al. (1996) liegt bei Werten $> 0,8$ eine Ketose vor. Leitfähigkeit und Messwerte zur Mobilität in Kombination mit dem Milchinhaltsstoff Laktose verbessern die Erkennung von Belastungssituationen der Tiere.

In der Auswertung sind z.B. Klauenerkrankungen als langfristige Erkrankungen mit ca. 1,77 kg/d Laktosemenge nahe am Mittelwert der Herdendurchschnitte angesiedelt und deuten auf die Adaptionfähigkeit der Kühe hin (*siehe Abschnitt 4.1.*). Eine Verbesserung der Erfassung wurde mit einer Modellanpassung des Berechnungszeitraumes „7 Tage vorher“ und „7 Tage nachher“ mit 38% durch Einbeziehung der Laktosekonzentration erreicht. Auffallend sind unterschiedliche Reaktionsmuster zwischen den Laktationen, weshalb laktationsbezogene Einzelkuhbewertungen und keine Gruppenbildungen zu empfehlen sind. Es kristallisiert sich heraus, dass es ratsam ist, die Grenzwerte herden- und tierspezifisch festzulegen. Bei der Bewertung von Analyseergebnissen sollte ein Vergleich mit Referenzwerten erfolgen, wobei Abweichungen nicht schematisch einzuordnen sind, da der Übergang zwischen physiologisch und krank fließend ist. Dies wird vor allem an der Darstellung der Tagesverläufe der Erkrankungen (*siehe Abschnitt 4.3.1. und 4.3.4*) deutlich.

5.7. Möglichkeiten zur Erkennung von Ereignissen auf Basis von erfassten Daten mit Hilfe von Entscheidungsbäumen

Bei der Datenauswertung fanden die betriebsspezifischen Gegebenheiten zur Festlegung der Grenzbereiche der Vorhersagemodelle Berücksichtigung. Die Darstellung von Entscheidungsregeln mittels zugewiesener und strukturierter Bäume veranschaulicht hierarchische Entscheidungen. Eine solche systematisierte Klassifizierung kann aus wissenschaftlichen Erkenntnissen formale Regeln herleiten oder darstellen. Um eine Klassifikation eines einzelnen Datenobjektes abzulesen, geht man vom Wurzelknoten entlang des Baumes abwärts. Die Wahl der Entscheidungsbäume zur Klassifikation von Krankheitsereignissen erfolgte für die bedeutsamen Produktionskrankheiten nach RENNER (1975).

Die Beobachtungszeiträume wurden für die Ereignisse spezifisch (*siehe Tabelle 11*) gewählt. Zur Berechnung und Auswertung des Zusammenhangs zwischen Ereignissen und Laktose plus ausgesuchtem Parameter und Variable wurde, wie in *Abschnitt 3.4.3. und 3.4.4.* beschrieben, vorgegangen. Für die Prüfung von Effekten als Ausgangsbasis für die Entwicklung eines Algorithmus zur Prädiktion und Durchführung der Berechnung statistischer Gütekriterien von Klassifikationen (DRECHSLER 2010) erfolgte die Bewertung der Nützlichkeit einzelner Merkmale für die Prädiktion anhand der Erkennungsraten (*siehe Tabellen 12 – 16*). Bei der Einteilung der Merkmale wurde sich an den Boxplots (*siehe Abschnitt 4.1.*) orientiert, welche in die Modellberechnung zur Gesundheits- und Leistungssicherung mit einfließen. Zur Konzepterstellung hinsichtlich der Nutzung der bei Milchkühen erfassten Merkmale als Entscheidungshilfen für das Herdenmanagement fanden Erkenntnisse von FLEISCHER et al. (2001) Berücksichtigung, welche die Erkrankungskomplexe in Gebärmutterentzündung, Nachgeburtsverhalten, Ovarialzysten, Mastitis, MilCHFieber, Klauenerkrankungen, Ketose und Labmagenverlagerung einteilt.

Anhand der Grafiken wurde untergliedert, wo die Grenzwerte zwischen den „Stufen“ der Merkmale liegen (Einteilung der Bereiche in drei Abstufungen „erhöht“, „normal“, „gesenkt“ und der weiteren Entscheidungsknoten). Ein zweistufiger und ein dreistufiger Entscheidungsbaum wurden herangezogen, um dann am Ende des Pfades bei jeder Kombination ablesen zu können, ob eine Anomalie vorliegt oder nicht. Laktose und andere ausgesuchte Parameter weisen bei Eventberücksichtigung eine Signifikanz auf und verbessern durch eine Anpassung der Beobachtungszeiträume die Erkennung. Unter Berücksichtigung dieser "Vorlaufzeiten" im Berechnungsmodell lassen sich Ereignisse vorhersagen, wobei die Aussagesicherheit unter Einbeziehung des Parameters Laktose präzisiert wird. Eine Unterscheidung zwischen statistischer Signifikanz und praktisch nutzbarer Differenz hatte in den Berechnungen keine verbesserte Erkennung zur Folge.

5.8. Möglichkeiten zur Erkennung von Ereignissen auf Basis des Exponentially Weighted Moving Average (EWMA)

(Exponentiell gewichteter gleitender Durchschnitt)

Mit dem Control-Chart, welches automatisch je Tag Grenzwerte berechnet, kann man feststellen, ob diese unter- oder überschritten werden. So ergab es eine Verbesserung der Erkennung, sowohl der Fehler- als auch der Erkennungsraten und der Spezifität, in sämtlichen Varianten bei einem hohen Gewichtungsfaktor (λ), das heißt bei stärkerer Gewichtung der aktuellen Werte. Dass die Vorgabe eines Grenzwertes nahe zum Mittelwert (niedriger L-Wert) zu besseren Erkennungsraten führt, ist zu erwarten, denn selbst eine schwächere Abweichung wurde als Alarm gemeldet. Weil allerdings auch Schwankungen innerhalb des normalen Bereichs als Abweichungen gemeldet werden, geht dies vor allem bei hohem λ mit hohen Fehlerraten einher. Auf der anderen Seite sind die Erkennungsraten bei einem hohen L-Wert gering; es kommt zu selteneren Falschalarmen, da lediglich ganz offensichtliche Abweichungen Alarm auslösend wirken. Zu den besten Varianten in den untersuchten Herden zählen jene mit $\lambda = 0,95$ und $L = 1$. Die Veränderung der Grenzwerte hatte keinen Einfluss auf die Erkennungs- und Fehlerraten, hierbei sind

die Fehlerraten am geringsten, je näher dies am Zeitpunkt der Erkennung liegt. Festzustellen ist auch, dass die Erkennungsrate und Spezifität bei der Gewichtung nahezu gleich sind. Bedingt durch den hohen λ -Wert bewegt sich der EWMA sofort wieder nahe dem beobachteten Laktosegehalt. Indes sind die Erkennungsraten, die erzielt wurden, relativ niedrig, während die Fehlerraten zu hoch lagen, um sie in der Praxis anzuwenden. Insgesamt hat sich eine schlechte Verwendbarkeit des EWMA-Charts hinsichtlich einer Erkennung von Laktoseminderungen ergeben. Der Grund hierfür liegt in dem typischen Verlauf der Laktationskurve mit einem Zielwert, der sich im Laufe der Zeit verändert. Darüber hinaus gilt festzuhalten, dass die bisweilen kurzfristig stark schwankenden Laktosegehalte im Zusammenhang mit Fehlzusammenhängen zu Fehlalarmen führen.

5.9. Modellwahl

Als sinnvoll erwies sich ein Modell, das gleichzeitig eine enge Verbindung zwischen der Verminderung der Laktosekonzentration und Milchleistung beschreibt, und auf der anderen Seite eine Reduzierung der Laktose-Konzentration und Milchqualität aufzeigt. Bei der Erkennung mit dem L%- Modell ist die Erfassung genauer - oft auch zwei Tage vorher. Bei Abweichung von 0,05% Punkten resultiert eine Erkennung von 37,37% und einer Spezifität von 58,38%.

Anhand der Stoffwechselparameter konnten metabolische Belastungen durch eine hohe Milchleistung und eine akute Erkrankung nicht dargestellt werden. Möglicherweise unterliegen die metabolischen Reaktionen einer Selbstregulation, die einer Beeinflussung der Parameter von außen entgegensteht. Bei Stoffwechselproblemen konnte mit dem EWMA mittels Entscheidungsbaum Laktose-Konzentration und Laktose-Fett-Konzentration eine Erkennung von 44% und eine Spezifität von 83,89% erreicht werden. Bei dem Modell mit dem Entscheidungsbaum Stoffwechsel LF-Menge und FE-Verhältnis errechnet sich eine Erkennungsrate von 48,22% und 88,61% Spezifikation bei der EWMA. Die Tiere in den ausgewerteten Herden wurden auf einem professionell hohen Niveau gehalten und gefüttert. Vor diesem Hintergrund dürfte immer darauf geachtet worden sein,

dass das Glukosedefizit über die Fütterung nicht zu groß werden darf. In weniger professionell geführten Herden dürften daher die Probleme deutlicher sichtbar werden. Dennoch lässt sich an den Ergebnissen erkennen, dass auch mit erhöhter Laktationszahl Stoffwechselerkrankungen vorhanden sind (*vgl. Abb. 8*). Im Beobachtungszeitraum der Erkrankungen traten in dieser Auswertung zwischen unterschiedlichen Zeiträumen (*siehe Tabelle 11*) Differenzen in der Signifikanz auf. Diese stehen im engen Zusammenhang zu Entwicklung und Verlauf des jeweiligen Ereignisses. Eine Infektion baut sich langsam auf und kann unterschiedlich akut werden, eine Mastitis führt irgendwann zum Ausgliedern der Kuh aus der Gruppe, eine Brunst ist andererseits nur von kurzer Dauer, aber mit deutlichen Begleiterscheinungen. Eine Lahmheit führt je nach Verlauf und Behandlung zu punktuellen Konkurrenzsituationen um die Glukose (Immunabwehr, Entzündungshemmung, Metaboliten-Abtransport usw.), so dass kurzfristig die Laktosekonzentration absinkt, aber da die Milchsynthese in der Versorgungshierarchie ganz oben steht, wird natürlich gegengesteuert, um die Laktosekonzentration wieder zu stabilisieren. Sollte die Erkrankung zu einer längerfristigen Belastung werden, dann sinkt die täglich erzeugte Laktosemenge - vordergründig bedingt durch das Abfallen der Milchmenge. Ob dies nun ursächlich der Stoffwechselsteuerung zuzuschreiben ist oder einfach eine Folge mangelnder Mobilität und damit sinkender Futteraufnahme, ist aus den vorliegenden Ergebnissen nicht zu differenzieren. Die Beurteilung von metabolischen Belastungszuständen mittels verschiedener Stoffwechselparameter wird dadurch erschwert, dass es gleichzeitig homöorrhetische Regulations- und Kontrollmechanismen zur mittelfristigen Einstellung des Stoffwechsels auf den Status der Milchproduktion benötigt (BAUMAN 2000). Die Stoffwechselsituation der Milchkuh im ersten Laktationsdrittel stellt eine hohe Belastung für die Hochleistungskuh dar und kann mit einem erhöhten Erkrankungsrisiko einhergehen. Bei Stoffwechselproblemen hatten die Tiere im Durchschnitt einen Laktosegehalt von 4,27% und lagen damit weit unter dem Herdenmittel. Dieses Ergebnis erscheint in Bezug auf die nachfolgend beschriebenen metabolischen Regelvorgängen bemerkenswert, da bereits der Einzelparameter Laktosegehalt Anlass zu Kontrollmaßnahmen gibt, aber insbesondere in den Modellbildungen die Aussage an Genauigkeit gewinnt.

Aufgrund der Hierarchien in der intermediären Metabolitenverteilung ist die Milchbildung gleich nach Lebenserhaltung und Hirnfunktion angesiedelt. Das bedeutet nichts anderes, als dass alle anderen Stoffwechselprozesse der Milchbildung mit genetisch definierten Grenzwerten in den Nährstoffgehalten untergeordnet sind. Laktose ist ziemlich eng genetisch determiniert, hinsichtlich des Milcheiweißes können dort schon eher Abweichungen sowohl im prozentualen Anteil als auch im Kaseinanteil zustande kommen, wenn die Glukoseverfügbarkeit knapp werden sollte. Da zur Stabilisierung der Laktosesynthese glukogene Gewebe in großem Umfang zur Verstoffwechselung herangezogen werden können, wird über längere Zeit der maternale Stoffwechsel versuchen, wenigstens die Minimalgehalte an Eiweiß und Laktose abzusichern. Praktisch wird somit ein Glukosedefizit verschleiert, wobei die Kuh bis in kritische Bereiche eiweißreiche Gewebe (Schleimhäute, retikuläres Abwehrgewebe, Muskulatur) metabolisiert und gleichzeitig die Gewebe- bzw. Zellneubildung deutlich verlangsamt wird. Da aus dem Körpermasseverlust nicht ohne weiteres der Proteinverlust ableitbar ist und durch Fettabbau und damit verbundenen Wasserverlust dieser Proteinverlust überdeckt wird, bahnen sich schwerwiegende Stoffwechselstörungen an. Laktose reagierte in dieser Hinsicht in den Analysen oft träge und nur zusätzliche Belastungen (Erkrankungen, Infektionen, Stoffwechselstörungen, usw.) machen diese Problematik nur am Parameter Laktose sichtbar. Wenn also weder Laktose noch Milcheiweiß ausreichend signalgebend reagieren, muss durch vorausschauende stoffwechselstützende Kontroll- und Fütterungsmaßnahmen (Stärke- und Glukoseanteil, schnelle Futteraufnahme Steigerung in den ersten sechs Laktationswochen, zügiges Beenden der negativen Energiebilanz innerhalb der ersten acht Laktationswochen) das Problem so klein wie möglich zu halten. Laktose reicht in der alleinigen Erfassung und Darstellung des laktationstäglichen Verlaufs nicht aus, um Ereignisse konsequent zu erkennen - Andererseits deuten sich im Parameter „Laktosegehalt“ langfristige Belastungen an und führen möglicherweise zu qualitativen Einschnitten, die schwer rückgängig zu machen sind. Eine plötzlich in Erscheinung tretende Reaktion des Laktosegehaltes und u.U. der Laktosemenge sind ernst zu nehmende Signale, die ein schnelles Handeln zur Stabilisierung der Stoffwechsellage und zur Erkennung der Störungsursachen erforderlich machen.

Laktose kann im Sinne eines Konzentrationseffektes bei deutlich sinkender Milchmengenleistung etwas steigen (auf etwa 5,1%) oder der Anstieg kann Begleiterscheinung einer Funktionsstörung des Euters sein. Anders verhält es sich bei Glukosemangel: der Laktoseabfall müsste der Milchmengendepression vorausseilen. Sobald die zu sezernierende Milchmenge auf ein Level abgesenkt ist, dass der Glukoseanflutung am Euter angepasst erscheint, steigt bei gleichbleibender Milchmenge der Laktosespiegel auf Normalniveau wieder an, somit besteht kein korrelatives Verhalten. Laktoseabfall kann aber auch Signal einer Sekretionsstörung sein. Dramatische Beschaffungsprobleme äußern sich aber meist in Milchmengenabfall und erst begleitend oder nachlaufend im Konzentrationsabfall der Laktose. Fällt die Milchmenge, sich an die Beschaffungsprobleme anpassend, deutlich, unterliegt der Laktosegehalt einem Konzentrationsartefakt und steigt meist wieder auf den Ausgangswert an. Mit zunehmender Laktationsnummer zeigen Kühe gehäuft niedrigere Laktosegehalte in der Milch und erhöhte Gehalte im Harn, was auf die steigende Wahrscheinlichkeit vorangegangener Mastitiden zurückgeführt wird (WHEELLOCK und ROOK 1966). Dieser Punkt konnte in den Auswertungen nicht bestätigt werden, da Veränderung der Abweichung der Variablen und Parameter innerhalb der Laktationen ergaben, dass Inhaltsstoffe über die Laktation unterschiedlich bis zur 5ten Laktation stark ansteigen oder sich in der 4ten Laktation stabilisieren. In der ersten Laktation besteht die niedrigste Konzentration, und der stärkste Anstieg besteht in der zweiten Laktation oder dritten Laktation (*siehe Tab. A 15*). Gegenüber Fett und Protein weist die Laktosemenge und Laktosekonzentration geringere Schwankungen auf. Protein-Laktose-Menge und -Konzentration sind fast gleichbleibend. Bei der Fett-Laktose-Menge, Fett-Laktose-Konzentration und Fett-Protein-Laktose-Menge besteht ein leichter Anstieg. Die Fett-Protein-Laktose-Konzentration ist fast gleichbleibend bis leicht steigend. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es eine starke Varianz innerhalb der Herden gibt.

Ein deutlich sinkender Laktosegehalt unterhalb des o.g. Grenzwerts zeigt sich in den vorliegenden Untersuchungen als sichere Begleiterscheinung einer bevorstehenden oder bereits durch das Herdenmanagement erkannten Mastitis.

6. Schlussfolgerungen

Im Ergebnis der vorliegenden Arbeit lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Laktosegehalt und täglich über die Milch abgegebene Laktosemenge stehen in einem engen Zusammenhang mit den untersuchten Ereignissen.

Da die vorliegenden Messwerte an drei professionell geführten Hochleistungsherden aufgezeichnet worden sind, wobei auch ein stabiler Laktosegehalt als Zielstellung des Herdenmanagements begriffen worden war, ist hervorhebenswert, dass dennoch erhebliche Schwankungen und Negativabweichungen im Laktosegehalt der Milch und der täglich erzeugten Laktosemenge festzustellen waren und dies stets in Verbindung zu bringen war mit Ereignissen des Leistungs- und Gesundheitsstatus der betroffenen Milchkühe. In der Mehrzahl der Leistungsherden dürfte damit zu rechnen sein, dass Abweichungen im Laktosegehalt häufiger und intensiver auftreten dürften. Für jede Hochleistungsherde sollten tierindividuelle Normalbereiche und "Abweichungsgrenzen" bzw. "Schwellenwerte" identifiziert werden, um das Verlassen dieser Bereiche im Herdenmanagement tagaktuell als "schwerwiegendes Ereignis" zu melden.

2. Die Variabilität der Parameter Milchmenge, Eiweiß, Fett, Leitfähigkeit und Mobilität ist erheblich größer im Vergleich zum Parameter Laktosekonzentration. So ist die Laktosekonzentration ein aussagekräftiger Parameter für das Gesundheitsmonitoring.

Besonders deutlich ist der Rückgang des Laktosegehaltes bei den Ereignissen Stoffwechselprobleme, Infektionen, Stresssituationen, Mastitis und bei Verletzungen. Für künftige Arbeiten ist festzustellen, dass der Laktosegehalt bzw. die Laktosekonzentration deutlichere Aussagen liefert als die Laktosemenge, die in ihrer Aussagekraft stark durch die Milchmengenleistung geprägt ist. Hinsichtlich des Laktosegehaltes sollten sich künftige Untersuchungen auf die Bestimmung der physiologischen Grenzwerte und deren Beeinflussung im Laktationsverlauf und über die Laktationszahl, sowie durch herdenspezifische Bedingungen (Fütterung, Genetik

usw.) konzentrieren. Tierindividuell ausgerichtete Monitoringmaßnahmen müssen sowohl das Festlegen von Grenzbereichen, als auch die Trennschärfe der Entscheidungsmodelle berücksichtigen. Zu weit gefasste Bereiche würden zu spät alarmieren. Zu eng gefasst, dürften andererseits zu viele „Fehlalarme“ ausgelöst werden.

3. Wenn Laktosewerte verfügbar sind, sollten diese in das Herdenmonitoring mit einbezogen werden. In Kombination mit weiteren Parametern lässt sich die Erkennung von Ereignissen verbessern.

Die Ermittlung von Herden- oder Tiergruppen-bezogenen Mittelwerten und der üblichen prüfstatistischen Begleitwerte können zwar Hinweise auf den Leistungs- und Gesundheitsstatus liefern, sind aber für ein Laktose-gestütztes Monitoringsystem nicht zielführend. Herdenspezifisch muss der Laktosegehalt tierindividuell verwendet werden.

4. Die Eignung verschiedener Modelle zur Früherkennung von Ereignissen konnte nachgewiesen werden.

Die Arbeitshypothesen zur Herleitung und Bewertung der physiologischen Interaktionen von Laktose zur Milchleistung und anderen Faktoren unter Berücksichtigung der Nutzung für diagnostische Vorhaben zur rechtzeitigen Identifikation von Leistungs- und Gesundheitsproblemen der Hochleistungskühe konnten Bestätigung finden. Da die Laktose als Milchinhaltsstoff einen konstanten Wert hält, erscheint es in der Modellverwendung notwendig, einen Zeitvorlauf in der Vorhersage mit einzubeziehen. Für die interessanten Ereignisse (Mastitis, Infektion, Stoffwechsel, usw.) wurden geeignete Entscheidungsbäume - welche sich als hilfreiches Hilfsmittel erwiesen - mit den jeweils fachlich notwendigen Merkmalen erstellt. Die Einbeziehung des Milchinhaltsstoffs Laktose verbessert für jede Parameterkombination und in Beziehung zu jeder Ereignisbeschreibung die Aussagefähigkeit im Vergleich zur Beschreibung ohne den Laktosewert um bis zu 20% je nach Vorhersagetag. Allgemein kann man feststellen, dass EWMA für Herdenbeobachtung ungeeignet und nur eine tierindividuelle Erkennung sinnvoll ist, welches an den Charts deutlich zu erkennen war.

7. Zusammenfassung

In den vorliegenden Untersuchungen wurde das Ziel verfolgt die Nutzbarkeit des Milchinhaltsstoffes Laktose als praxistaugliche Managementhilfe zu prüfen. Die Primärdaten stammen aus drei israelischen Hochleistungsherden, über mehrere Laktationen erhoben. Der Parameter Laktosegehalt wurde in der Datenaufbereitung dahingehend geprüft, ob dieser zur Gesundheits- und Leistungsvorhersage ausreicht oder welche zusätzlichen Merkmale für die Verwendung in einem Prognose-Modell von Bedeutung sein könnten. Als leistungs- bzw. gesundheitsrelevante Ereignisse (Events) wurden Brunst, Diarrhoe, Endometritis, Fieber, Infektionen, Klauenerkrankungen, Mastitis, Stress, Stoffwechselstörungen sowie Verletzungen zugeordnet. Die Bewertung der Nützlichkeit einzelner Merkmale für die Prädiktion erfolgte anhand der Erkennungsraten. Zwei- und dreistufige Entscheidungsbäume wurden entwickelt, um diese Events zu identifizieren. Ein einzelnes Merkmal ist oft nicht ausreichend, weshalb verschiedene Kombinationen von Variablen analysiert wurden. Die wichtigste Erkenntnis der vorliegenden Arbeit besteht darin, dass der Abfall der Laktosekonzentration und Laktosemenge immer ein kritisches Ereignis darstellt. Das Hauptziel eines Gesundheitsmonitorings im Milchkuhbestand sollte deshalb darin bestehen, frühzeitig eine Stoffwechselüberlastung "sichtbar" oder "erkennbar" zu machen. Unabhängig davon, welche Erkrankung sich anbahnt, muss das Herdenmanagement darauf hinwirken, die Glukoseversorgungssituation des Einzeltieres zu verbessern. Aus der Analyse für die einzelnen Herden und Laktationen kann grundlegend abgeleitet werden, dass die Ergebnisse der Milchkontrolldaten, die im Zuge der datengestützten Herdenüberwachung erhoben wurden, sich verwenden lassen, um den Leistungs- und Gesundheitsstatus der Kühe im Laktationsverlauf einzuschätzen und zu prognostizieren. Die Verwendung von Informationen zum Laktosegehalt des Gemelks verbesserten in jedem Fall die Erkennungsraten.

8. Summary

The aim of the current studies was to investigate whether the milk ingredient lactose can be used as a practical support management. The primary data comes from three Israeli high-performance herds, collected over several lactations. In the data preparation, the parameter "lactose content" was examined to see whether it is sufficient for a health and performance prediction or whether additional features may be of importance for usage in a forecasting model. Oestrus, diarrhea, endometritis, fever, infections, hoof diseases, mastitis, stress, metabolic disorders, and injuries have been assigned to the performance- and/or health-affecting events. The usefulness of individual features for the prediction was evaluated on the basis of the recognition rates. Thus two- and three-level decision trees have been developed to identify these events. As one single feature is often insufficient, different combinations of variables were analyzed. The most important finding of this study is that the drop in the lactose concentration and lactose quantity always represents a critical event. The main objective of a health monitoring in the dairy herd should therefore be to make a metabolic overload "visible" or "recognisable" at an early stage. Whichever disease begins to take shape, the herd management must work on improving the glucose supply situation of the individual animal. In conclusion from the analysis of the individual herds and lactations it can be inferred that the results of the milk control data collected in the course of the data-based herd monitoring can be used in order to assess and to predict the performance and health status of the cows in the course of lactation. The use of information on the lactose content of the milk improved in any case the recognition rates.

9. Literaturverzeichnis

ALAND, A.; KAART, Z.; POIKALAINEN, V.; PRAKS, J. (2005): Incidence of multifactorial diseases in estonian dairy herds – a survey. Deutsche Tierärztliche Wochenschrift 112, 440-480

ALI, T. E.; SCHAEFFER, L. R. (1987): Accounting for covariance among test day milk yields in dairy cows. Canadian Journal Animal Science 67, 637-644

AMMON, C. (2008): Mathematisch-statistische Modellierung und Evaluierung von Vorhersagefunktionen zur sicheren Identifizierung tierindividueller Leistungsabweichungen beim Milchrind. Dissertation, Universität Halle

ARNOULD, V.M; REDING. R.; BORNMANN J.; GENGLER N.; SOYEURT H. (2013): Review: milk composition as management tool of sustainability. Review: milk composition as management tool sustainability. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 17 (4), 613-621

ASCHENBACH, J. R.; BHATIA, S. K.; PFANNKUCHE, H.; GÄBEL, G. (2000a): Glucose is absorbed in a sodium-dependet manner from forestomach contents of sheep. J. Nutr. 130, 2797-2801

ASCHENBACH, J. R.; WENING, H; KURZE, M; SCHABERG, E.; NIEPER, H; BURCKHARDT, G.; GÄBEL, G. (2000b): Functional and molecular biological evidence of STLT-1 in the ruminal epithelium of sheep. Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver Physiol. 279, G20-G27

AZZIZI, O. (2008): Relationships between feeding behaviour and feed intake in dairy cows during early lactation. Dissertation, Humboldt Universität zu Berlin

BANSAL, B. K.; HAMANN, J.; GRABOWSKI, N. T.; SINGH, K. B. (2005): Variation in the composition of selected milk fraction samples from healthy and mastitic quarters, and its significance for mastitis diagnosis. J. Dairy Res. 72, 144-52

BATRA, T. R. (1986): Relationship of somatic cell concentration with milk yield in dairy cows. Can. Journal Animal Science 66, 607-614

BAUMAN, D. E. (2000): Regulation of nutrient partitioning during lactation: Homeostasis and homeorhesis revisited. In: Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction (ed. P. B. CRONJE), 311-328

BELL, A. W. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal Animal Science* 73, 2804-2819

BERGNER, H.; HOFFMANN, L. (1997): Bioenergetik und Stoffproduktion landwirtschaftlicher Nutztiere. Kapitel 3: Bioenergetik des intermediären Nährstoffumsatzes. Harward Academie Publishers Deutschland, 51-188

BLUM, J. W. (2004): Metabolic performances of the mammary gland. *Übersicht Tierernährung* 32, 183-201

BUTLER, W. R.; SMITH, R. D. (1989): Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *Journal Dairy Science* 72, 767-783

CAI, T. Q.; WESTON, P. G.; LUND, L. A.; BRODIE, B.; MCKENNA, D. J. und WAGNER, W. C. (1994): Association between neutrophil functions and periparturient disorders in cows. *Am. J. Vet. Res.* 55, 934-943

DAWSON, R. R.; ROOK, J. A. F. (1972): A note on the influence of stage of lactation on the response in the lactose content of milk to a change of plane of energy nutrition in the cow. *J. Dairy Res.* 39, 107-111

DETILLEUX, J. C.; KEHRLI JR. M. E.; STABEL, J. R.; FREEMAN, A. E.; KELLEY, D. H. (1995): Study of immunological dysfunction in periparturient Holstein cattle selected for high and average milk production. *Vet. Immunol. Immunopathol.* 44, 250-267

DRACKLEY, J. K. (1999): ADSA Foundation Scholar Award. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *Journal Dairy Science* 82, 2250-2273

DRACKLEY, J. K.; OVERTON, T. R.; DOUGLAS, G. N. (2001): Adaptions of glucose and long chain fatty acid metabolism in liver of dairy cows during the periparturient period. *Journal Dairy Science* 84, 100-112

DRACKLEY, J. K. (2002): Transition Cow Management and Periparturient metabolic disorders. Recent Developments and Perspectives in Bovine Medicine. (XXII World Buiatrics Congress, Hannover), 220-235

DRECHSLER, M.; OHL, C.; MEYERHOFF, J.; MONSEES, J. (2010): Ein Verfahren zur optimalen räumlichen Allokation von Windenergieanlagen. Anwendung in zwei Planungsregionen. Ökologie und Wirtschaftsforschung 85, 133-140

DVG [DEUTSCHE VETERINÄRMEDIZINISCHE GESELLSCHAFT e. V] (1994): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Herdenproblem. 3. Aufl., Gießen

FERGUSON, J. D. (2001): Nutrition and reproduction in dairy herds. In: Proc. Intermountain Nutr. Conf., Salt Lake City, Utah State Univ., Logan, 65-82

FLACHOWSKY, G.; LEBZIEN, P.; MEYER, U. (2002): Vorteile und Grenzen hoher Milchleistungen aus der Sicht der Tierernährung. Züchtungskunde 74, 85-103

FLEISCHER, P.; METZNER, M.; BEYERBACH, M.; HODEMAKER M. und KLEE, W. (2001): The relationship between milk yield and the incidence of some diseases in dairy cows. Journal Dairy Science 84, 2025-2035

FORSHELL, K. P.; ANDERSSON, L.; PEHRSON, B. (1991): The relationship between the fertility of dairy cows and clinical and biochemical measurments, with special reference to plasma glucose and milk acetone. J. Vet. Med. 38, 608-616

FOX, L. K.; SHOOK, G. E.; SCHULTZ, L. H. (1985): Factors related to milk loss in quarters with low somatic cell counts. Journal Dairy Science 68, 2100-2107

FÜRLLE, M. (1999): Spezielle Untersuchung beim Wiederkäuer. In: Kraft, W. und Dürr, U. M. (Hrsg.): Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin. 5. Auflage, Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 271-287

FÜRLLE, M. (2004): Stoffwechselkontrollen und Stoffwechselüberwachung bei Rindern. Teil 1: Chancen, Regeln und Risiken. Nutztierpraxis Aktuell 9, 8-17

GABEL, M. und VOIGT, J. (2000): Fütterung der Hochleistungskuh aus stofflicher und energetischer Sicht. Arch. Tierz. 43 (Sonderheft), 62-70

GIGER, R.; FAISSLER, D.; BUSATO, A.; BLUM, J.; KÜPFER, U. (1997): Blutparameter während der Frühaktation in Beziehung zur Ovarfunktion bei Milchkühen. *Reproduction Domestic Animal* 32, 313-319

GOFF, J. P.; HORST, R. L. (1997): Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *Journal Dairy Science* 80, 1260-1268

GOFF, J. P. (2006): Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal Dairy Science* 89, 1290-1301

GRABOWSKI, N. T. (2000): Körpergewichtsentwicklung, Milchinhaltsstoffe und Milchmengenleistung als Kriterien zur laktationsbegleitenden Beurteilung des Gesundheitszustandes hochleistender DSB-Kühe in Laufstallhaltung. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover

GREENFIELD, R. B.; CECAVA, M. J.; DONKIN S. S. (2000): Changes in mRNA expression for gluconeogenic enzymes in liver of dairy cattle during the transition to lactation. *Journal Dairy Science* 83, 1228-1236

GRÖHN, Y. T.; EICKER, S. W. und HERTL, J. A. (1995): The association between 305-day milk yield and disease in New York state dairy cows. *Journal Dairy Science* 78, 1693-1702

GRUMMER, R. R. (1995): Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *Journal of Animal Science* 73, 2810-2833

GÜRTLER, H.; SCHWEIGERT, F. J. (2000): Physiologie der Laktation. In: W. v. Engelhardt u. G. Breves (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere*. Enke-Verlag, Stuttgart, 572-593

HAMANN, J. (1992a): Zum Einfluss von Stresssituationen auf die Anzahl somatischer Zellen der Milch. *Prakt. Tierarzt, Sonderheft, collegium veteranium* 23, 30-41

HAMANN, J. (1992b): Mastitisbekämpfung auf der Grundlage zytologischer Befunde der Herdensammelmilch. *Kieler milchwirtschaftlicher Forschungsbericht* 44, 320-338

HAMANN, J.; KRÖMKER, V. (1999): Haltungsbedingungen und Milchmengenleistung als mastitisprädisponierende Faktoren. In: Dtsch. Veterinärmed. Ges., Arbeitskreis Eutergesundheit, Trends in der Milchproduktion – Wandel in der Mastitisbekämpfung, Hannover, 2-13

HAMANN, J. und FEHLINGS, K. (2002): Leitlinien zur Bekämpfung der Mastitis des Rindes als Bestandsproblem. 4. Aufl., DVG., Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e. V. (Hrsg.), Gießen

HASSELMANN, L. (2005): Futteraufnahmevermögen der Milchkuh - VI. Brandenburger Nutztierforum - DGfZ-Schriftenreihe 42, 36-51

HAYIRLI, A.; GRUMMER, R. R.; NORDHEIM, E. V.; CRUMP, P. M. (2002): Animal and dietary factors affecting feed intake during the prefresh transition period in Holsteins. Journal Dairy Science 85, 3430-3443

HERDT, T.H. (2000): Ruminant adaptation to negative energy balance. Influence of the etiology of ketosis and fatty liver. Vet. Clin. North Am. Food. Anim. Pract. 16, 215-230

HOARE, R. J. T. (1982): Mastitis: Its effect on milk yield, composition and quality. In: Conf. on Dairy Production from pasture. Ruakura Animal Research Station, Proc., 80-103

HOCQUETTE, J. F.; ORTIGES-MARTY, I.; PETHICK, D.; HERPIN, P.; FERNANDEZ, X. (1998): Nutritional and hormonal regulation of energy metabolism in skeletal muscles of meat producing animals. Livest. Prod. Sci. 56, 115-143

HOFFMANN, L.; SCHMANN, R.; JENTSCH, W.; HENSELER, G. (1984): Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 10. Mitteilung Energienormen für Milchkühe. Arch. Tierernährung 24, 240-61

HOLTENIUS, K.; PERSSON WALLER, K.; ESSEN-GUSTAVSSON, B.; HOLTENIUS, P.; HALLEN SANDGREN, C. (2004): Metabolic parameters and blood leukocyte profiles in cows from herds with high or low mastitis incidence. Vet. J. 168, 60-73

HOUSE, W. A.; BELL, A. W. (1993): Mineral accretion in the fetus and adnexa during late gestation in Holstein cows. *Journal Dairy Science* 76, 2990-3010

HUNTINGTON, G. B. (1997): Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal Animal Science* 75, 852-867

INGVARTSEN, K. L.; ANDERSEN, H. R. (2000): Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *Journal Dairy Science* 83, 1570-1597

JENTSCH, W.; WITTENBURG, H. (1993): Ergebnisse aus vergleichenden Untersuchungen von Parametern der Pansenfermentation und zur Verdaulichkeit von Futterrationen bei Rind und Schaf. *Arch. Anim. Nutr.* 43, 345-361

JOHNSON, C. R.; LALMAN, D. L.; BROWN, M. A.; APPEDDU, L. A.; BUCHANAN, D. S.; WETTEMANN, R. P. (2003): Influence of milk production potential on forage dry matter intake by multiparous and primiparous Brangus females. *Journal Animal Science* 81, 1837-1846

JONES, G. M.; PEARSON, R. E.; CLABAUGH, G. A.; HEALD, C. W. (1984): Relationships between somatic cell counts and milk production. *Journal Dairy Science* 67, 1820-1831

JORDAN, E. R.; FOURDRAINE, R. H. (1993): Characterization of the management practices of the top milk producing herds in the country. *Journal Dairy Science* 76, 3240-3256

KANEKO, J. J. (1997): Appendix VIII: Blood Analyte Reference Values In Large Animals In: Kaneko, J. J. (ed.): *Clinical biochemistry of domestic animals.*; 5th ed., Academic Press, Harcourt Brace Janovich, New York 1997, 886- 891

KANIYAMATTAM, K.; DE VRIES, A. (2014): Agreement between milk fat, protein, and lactose observations collected from the Dairy Herd Improvement Association (DHIA) and a real-time milk analyzer Department of Animal Sciences, *Journal Dairy Science* 97, 2896-2908

KIRCHGESSNER, M. (1992): *Tierernährung: Kohlenhydratstoffwechsel des Wiederkäuers.* 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt a.M.. 42-52

-
- KIRCHGEßNER, M.; ROTH, F. X.; SCHWARZ, F. J.; STANGL, G. I. (2008): Tierernährung, 12., neu überarbeitete Auflage, DLG Verlag, 370-383
- KERTZ, A. F.; REUTZEL, L. F.; THOMSON, G. M. (1991): Dry matter intake from parturition to midlactation. *Journal Dairy Science* 74, 2290-2295
- KIELWEIN, G. (1994): Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene. Pareys Studentexte 11, 3. Auflage Verlag Blackwell, Berlin
- KITCHEN, B. J. (1981): Review of the progress of dairy science, bovine mastitis, milk compositional changes and related diagnostic tests. *J. Dairy Res.* 48, 160-188
- KLINDWORTH, K.; TRINKL, S.; WENDL, G.: (2002): Effizienz verschiedener Aktivitätssensoren zur Brunstüberwachung bei Milchkühen. *Landtechnik* . 2, 86-87
- KLUG, F.; REHBOCK, F.; WANGLER, A. (2003): Die Nutzungsdauer beim weiblichen Milchrind (Teil 1). *Grosstierpraxis* 3, 5-12
- KOLDEWEIJ, E.; EMANUELSON, U.; JANSON, L. (1999): Relation of milk production loss to somatic cell count. *Acta vet. scand.* 40, 40-56
- KÖHLER, S. (2003): Nutzung von Prozessparametern automatischer Melksysteme für die Erkennung von Eutererkrankungen unter Verwendung der Fuzzy Logic. *Berichte aus der Agrarwissenschaft*, Shaker Verlag GmbH, Aachen, 58
- KRÖMKER, V.; GRABOWSKI, N.T.; REDETZKY, R.; HAMANN, J. (2001): Detection of mastitis using selected quarter-milk parameters. In: *Proceedings of the 2nd Int. Symposium on Mastitis and Milk Quality*, Vancouver, BC, Canada, 480-487
- LACY-HULBERT, S. J.; WOOLFORD, M. W.; NICHOLAS, G. D.; PROSSER C. G.; STELWAGEN, K. (1999): Effect of milking frequency and pasture intake on milk yield and composition of late lactation cows. *Journal Dairy Science* 82, 1232-1239
- LESCOURRET, F.; COULON, J. B.; FAYE, B. (1995): Predictive model of mastitis occurrence in the dairy cow. *Journal Dairy Science* 78, 2160-2177
- LINDENBECK, M. (2010): Datengestützte Analyse von Milchinhaltsstoffen zur Leistungs- und Gesundheitsvorsorge von Hochleistungskühen. Masterarbeit, HU-Berlin, 84 und 32

LOTTHAMMER, K.-H. (1991): Beziehungen zwischen einigen Blut- und Milchinhaltsstoffen als Indikatoren der Energieversorgung und der Fruchtbarkeit sowie Euter- und Stoffwechselstörungen bei Milchrindern. Vet-Med. 46, 639-643

LOTTHAMMER, K.-H. (1999): Beziehungen zwischen Leistungsniveau, Gesundheit, Fruchtbarkeit und Nutzungsdauer bei Milchrindern – Untersuchungen in einer Hochleistungsherde. Tierärztliche Umschau 54, 510-553

LOSAND, B; (2010): Stoffwechselindikatoren der Milch aus Sicht der Fütterungsberatung. 19. Milchrindtag in Mecklenburg-Vorpommern

LÖFFLER, G.; PETRIDES, P. E. (1997): Stoffwechsel der Kohlenhydrate. In: Biochemie und Pathobiochemie, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg

MARTIN, R.; SCHMAUSSER, S.; SAUTER-LOUIS, C.; BRUCKMAIER, R.; MANSFELD, R. (2006): Parameters of blood, milk and body condition as predictors of an increased relative risk for puerperal disorders in dairy cattle. Klinik für Wiederkäuer mit Ambulanz und Bestandsbetreuung, München, Institut für Physiologie, Bern

MARTIN, R.; MANSFELD, R.; HOEDEMAKER, M. und DE KRUIF, A. (2007): Milchleistung und Fütterung. In: A. De Kruif, R. Mansfeld und M. Hoedemaker (Hrsg.): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. 2. Auflage, Enke-Verlag, Stuttgart, 100-140

MATTHE, A.; LEBZIEN, P.; FLACHOWSKY, G. (2000): Zur Bedeutung von Bypass-Stärke für die Glucoseversorgung von hochleistenden Milchkühen. In: DROCHNER, W.; FLACHOWSKY, G.; KAMPHUES, J.; LEIBETSEDER, E.; PFEFFER, S. (Hrsg.): Übersichten zur Tierernährung. 1. Auflage, DLG-Verlag, 1-64

MERTENS, D. R. (1994): Regulation of Forage Intake. In: FAHEY, G. C. Jr. (Ed.), Forage Quality, Evaluation and Utilization. American Society of Agronomy. Zit. nach GRANT; ALBRIGHT (1995): Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. Journal Animal Science 73, 2790-2803

MORRISSEY, P. A.; (1985): Lactose: Chemical and physico-chemical properties. In: Developments in Dairy Chemistry-3, Lactose and Minor Constituents, edited by P.F. Fox, Chapter 1, New York: Elsevier Applied Science

MURONDOTI, A.; JORRITSMA, R.; BEYNEN, A. C.; WENSING, T.; GEELLEN, M. J. H.; (2004): Activities of the enzymes of hepatic gluconeogenesis in periparturient dairy cows with induced fatty liver. *J. Dairy Res.* 71, 129-134

MONTGOMERY, D. C. (2013): *Statistical Quality Control: A modern introduction to*, 7th Edition, Wiley, Arizona State University, 75, 436- 441

NAUMANN, C.; BASLER, R. (2000): *Methodenbuch der landwirtschaftlichen Forschungs- und Untersuchungsanstalt, Biochemische Untersuchung von Futtermitteln*. 4. Auflage, VDLUFA-Verband, Darmstadt

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. (1991): Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. *Journal Dairy Science* 74, 3598-3629

ORTIGUES-MARTY, I.; VERNET, J.; MAJDOUB, L. (2003): Whole body glucose turnover in growing and non-productive adult ruminants: Meta-analysis and review. *Reprod. Nutr. Dev.* 43, 371-383

OVERTON, T. R.; DRACKLEY, J. K.; DOUGLAS, G. N.; EMMERT, L. S.; CLARK, J. H. (1998): Hepatic gluconeogenesis and whole-body protein metabolism of periparturient dairy cows as affected by source of energy and intake of the prepartum diet. *Journal Dairy Science* 81 (Suppl 1), 295

PAULSEN, C.; MARTINI, D. und KUNISCH, M. (2007): Austausch von Daten aus der Tierhaltung mit agroXML – Konzeption der Zusammenarbeit mit ISOagriNET. In: *KTBL-Schrift 454: agroXML – Informationstechnik für die zukunftsorientierte Landwirtschaft*. KTBL: - Vortragstagung München, 97-104

PEAKER, M. (1975): Recent advances in the study of monovalent ion movements across the mammary epithelium: relation to onset of lactation. *Journal Dairy Science* 58, 1020-1047

REIST, M.; ERDIN, D. K.; TSCHUMPERLIN, K. M.; LEUENBERGER, H.; CHILLIARD, Y.; HAMMON, H. M.; MOREL, C.; PHILIPONA, C.; ZBINDEN, Y.; BLUM, J.W. (2002): Estimation of energy balance at the individual and herd level using blood and milk traits in high-yielding dairy cows. *Journal Dairy Science* 85, 3314-3327

-
- RENNER, E. (1975): Untersuchungen über mehrere Parameter der Milch zur Feststellung von Sekretionsstörungen. Archiv Lebensmittelhygiene 26, 163-171
- ROSSOW, N. (2003c): Das Glucosebeschaffungsproblem der Hochleistungskuh. http://www.portal-rind.de/portal/data/artikel/51/artikel_51.pdf (12.09.10)
- ROSENBERGER, G.; DIRKSEN, G.; GRÜNDER, H.-D.; STÖBER, M. (1990): Die klinische Untersuchung des Rindes. 3. Auflage, Paul Parey-Verlag, 216
- ROSSOW, N. (2008a): Neuere Erkenntnisse zur postpartalen Energiebilanz der Milchkuh. <http://www.portal-rind.de/index.php?name=News&file=article&sid=113> (03.03.2011)
- RUSSELL, R.W.; MESS, L.; SCHMIDT, S.P.; YOUNG, J.W. (1986): Effects of body size on kinetics of glucose metabolism and on nitrogen balance in growing cattle. Nutr. 116, 2229-2235
- SALLMANN, H.P.; FUHRMANN H. (2000): Physiologische Aspekte der Leberfunktion. In: VON ENGELHARDT, W., BREVES, G. (Hrsg.): Physiologie der Haustiere. Enke im Hippokrates-Verlag, Stuttgart, 422-434
- SCHMAUSSER, M. (2006): Beziehungen zwischen verschiedenen Parametern des Energiestoffwechsels und Störungen der Fertilität beim Milchrind unter Berücksichtigung der individuellen Futteraufnahme. Dissertation, LMU-München
- SCHRIFTREIHE LfULG (2011): Erarbeitung von Managementhilfen zur Früherkennung von Fruchtbarkeitsstörungen und Eutererkrankungen beim Milchrind Heft 36, 27-40
- SCHUMACHER, E. (2004): Einführung in die Biometrie. Band 3, Vergleich von mehr als zwei Parametern, 64-65
- SEIDLER, T.; KRETSCHMAR C.; MULLER, U.; DALLE, T.; ROPKR, M.; KRUGER, M. (1999): Immunologischer Status von Zuchtbullen unter energie-defizienten Bedingungen: Existieren Zusammenhänge zwischen Leistungs- und Abwehrvermögen? 23. Congress der DVG, 13.-16. April, Bad Nauheim, 139-142
- SHENNAN, D.B. und PEAKER, M. (2000): Transport of milk constituents by the mammary gland. Physiol. Rev. 80, 925-951

SILANIKOVE, N; RAUCH-COHEN, A; SHAPIR, F; BLUM, S; ARIELI, A; LEITNER, G (2011): Lipopolysaccharide challenge of the mammary gland in bovine induced a transient glandular shift to anaerobic metabolism. *Journal Dairy Science* 94, 4468–4475

STAUFENBIEL, R.; RISCHK, U.; SCHUMACHER, B.; BECKER, W. (1992b): Untersuchungen zum Glucose-Insulin-System der Milchkuh mittels Tagesprofilen und mit dem Glukosetoleranztest. *Mh. Vet-Med.* 47, 231-243

STÄRK, K. (2000): Lebensmittelsicherheit durch Herdenmanagement. *Schweizer Archiv Tierheilkunde* 142 (2), 673-678

STEEN, A.; OSTERAS, O.; GRONSTOL, H. (1996): Evaluation of additional acetone and urea analyses, and of the Fat-Lactose-Quotient in cow milk samples in the herd recording system in Norway. *J. Vet. Med. A* 43, 181-191

SUNDRUM, A. (1997): Beurteilung der Auswirkungen überhöhter Rohproteinversorgung beim Rind mit biochemischen und immunologischen Blutparametern. *Schriftenreihe Institut für Organischen Landbau*, Dr. Köster Verlag, Berlin

TEICHMANN, S.; FAHR, R.; FUERLL, M. (2002): Beziehungen zwischen Futteraufnahme, Milchmenge und -inhaltsstoffe, Energieretention sowie klinisch-chemischen Blutparametern bei Milchkühen. In: Fuerll, M. (Hrsg.): *Stoffwechselstörungen bei Wiederkauern: Erkennen – Behandeln – Vorbeugen*. Med. Tierklinik, Leipzig, 17-18

TOLLE, W.; HEESCHEN, W.; RICHMUTH, J.; ZEIDLER, H. (1971): Counting of somatic cells in milk and possibilities of automation. *Dairy Science Abstr.* 33, 875-879

TSENKOVA, R.; ATANASSOVA, S.; TOYODA, K.; OZAKI, Y.; ITOH, K.; FEARN, T. (1999): Near-infrared spectroscopy for dairy management: Measurement of unhomogenized milk composition. *Journal of Dairy Science* 82, 2344-2351

VEERKAMP, R. F.; SIMM, G.; OLDHAM, J. D. (1995): Genotype by environment interactions: experience from Langhill. In: *Breeding and feeding the high genetic merit dairy cow*. British Society of Animal Science 19, 50-65

VELEZ, J.C.; DONKIN, S. S. (2005): Feed restriction induces pyruvate carboxylase but not phosphoenolpyruvate carboxykinase in dairy cows. *Journal Dairy Science* 88, 2938-2948

VOIGT, J.; KANITZ, W.; SCHNEIDER, F.; BECKER, F.; SCHÖNHUSEN, U.; METGES, C.C.; HAGEMMEISTER, H.; PRECHT, D. (2005): Ernährung der Hochleistungsmilchkuh- Neue Herausforderungen an die Forschung. *Forschungsbericht* 1/2005, 30-35

VON ENGELHARDT, W.; BREVES, G. (2000): *Physiologie der Haustiere*. Enke im Hippokrates-Verlag GmbH, Stuttgart

WARD, W. R.; PARKER, C. S. (1999): Field evidence of metabolic stress in dairy cows? In: *Metabolic stress in dairy cows*. *British Society of Animal Science* 24, 11-26

WALLACE, R. L.; McCOY, T. R.; OVERTON, T. R.; CLARK, J. H. (1996): Effect of adverse health events on dry matter consumption, milk production, and body weight loss of dairy cows during early lactation. *Journal Dairy Science* 79 (Suppl. 1), 205 (Abstr.)

WANGLER, A.; SCHIMKE, E. (2001): *Untersuchungen zu Milchinhaltsstoffen und Gemelksmengen bei unterschiedlichen Melkfrequenzen und Milchmengenleistungen unter den Bedingungen automatischer Melkverfahren*. *Forschungsbericht*, Dummerstorf, Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern

WESTWOOD, C. T.; LEAN, I. J.; GARVIN, J. K.; WYNN, P.C. (2000): Effects of genetic merit and varying dietary protein degradability on lactating dairy cows. *Journal Dairy Science* 83, 2926-2940

WHEELOCK, J. V.; ROOK, J. A. F.; DODD, F. H. (1965): The effect of incomplete milking or of an extended milking interval on the yield and composition of cow's milk. *J. Dairy Res.* 32, 237-248

WHEELOCK, J. V.; ROOK, J. A. F.; DODD, F. H.; GRIFFIN, T. K. (1966): The effect of varying the interval between milkings on milk secretion. *J. Dairy Res.* 33, 161-176

10. Anhang

Kennwerte Fütterung:

Ration:

- TS 3,0-3,5% vom Körpergewicht bei Hochleistungskühen oder NDF bis zu 1,3% des Körpergewichts.
- 10-15% Rückgang der Futteraufnahme im Sommer
- 1,75-1,76 Mcal NEL kg TS, Fett 3-5%

Protein: 500-550 Gramm Rohprotein Erhaltungsbedarf etwa 70 Gramm pro kg Zu Tag, in der TMR-System 16% - 16,7% Rohprotein ist die Voraussetzung für Hochleistungskühe (im Sommer und Winter). Über 34% -36% des gesamten Proteins ist von UIP (abbaubaren Proteinaufnahme).

Rohfaser: aus Weizenkleie oder Orangenschale, NDF 6 - 6,6 kg pro Kuh und Tag (30% -34% der Gesamt-Trockensubstanz), NDF nicht mehr als etwa 3,4 bis 3,6 kg (17%-18% des Gesamt-Trockensubstanz) Stroh, Grob gehäckselt über 1,5cm.

Zusätzliche Maßnahmen: Intermediate-Feeds: Feeds, die große Mengen von leicht verdauliche Kohlenhydrate, wie zum Beispiel Rübenschnitzel und Orangenschalen sind auf 15% begrenzt, um die Azidose zu verhindern. Sprinkleranlagen und Lüftungssysteme zur Senkung der Körpertemperatur um 1 °C - 2°C. Gewichtsverlust in den ersten 40 d 10% Gewichtsverlust abhängig von Laktation wird akzeptiert.

Weizensilage ist das wichtigste Futter für die Kuh Milch TMR (70-80% der gesamten Silage). Ernte bei Milch-Teig Stufe (maximale Ausbeute verdaulich TS / ha), die eine hohe NDF (55-58%) mit niedrigem Proteingehalt (7-8%), mittlere NDF-Verdaulichkeit (45-50). Die Weizensorten sind Bi-funktional, eignen sich sowohl für Getreide und Futter-Ernte-Produktion. Im Futterbau werden Sorten entwickelt, welche spät reifen und höheren CW Verdaulichkeit besitzen. Weizen und Hafer Heu sind das wichtigste Futter für Trockensteher-TMR, und Weizenstroh ist das wichtigste Futter in TMR Färsen. Geringe Mengen (5-7%) Hülsenfrüchte, wie Wicken, Klee, Erbsen als Heu 13 - 14% Rohprotein, 45 - 50% NDF. ~ 1% Ca, ~ 0,5% P und zusätzliche Vitamine und Makro und ~ 0,5% NaCl, Spurenelementen, durch Vormischung zugeführt. TMRs werden auf "on-farm" Feed-Center aus einem "nahen" Feed-Center (0-250 km) produziert oder gekauft nach Client-Spezifikation und Formulierung. Von den Feed-Zentren werden diese TMR's an die Milchviehbetriebe mit den speziellen Upload-Trucks ausgeliefert.

Milchbeschaffenheit:

Milchqualität nach ISO 17025 Zertifizierung:

- Temperatur - 4 ° C bei Sammlung, 7 ° C am Werkstor
- Säure - <6,8 pH, > 6,8 pH- Wert nicht akzeptabel
- < 1% pro Liter zugesetztes Wasser, > 1%
- Leitfähigkeit über 11 nachschauen
- Milch mit Blut über 0,4 nicht als konsummilch „ nicht kosher“
- Laktose Anzeiger für Hygiene Status bei 3% oder 0,15 Abweichung - Cleaning Check: Wasser oder Desinfektionsmittel im Milchleitungs- oder Kühlungssystem
- Hemmstoffe - in Milch nicht akzeptiert

Hygienestatus:

- Analyse der “bedding” Proben auf Strep. Agalactiae, Mycoplasma, Pseudomonas.
- Bactoscan Calibration: Gesamtkeimzahl (TBC) - 3 zufällige monatliche Tests
- Bakteriologische Analyse auf E, coli. S. aureus, Strepococci, Mikrokokken und Corynebakterien

Kategorie Zahlung:

- Ausgezeichnet <10000 Keime / ml.
- Grade A - 11000 - 75000 Keime / ml.
- Grad B - 75000 Keime / ml. 3% Strafzahlung

Somatische Zellen (SCC) werden bei jeder Sammlung überprüft.

- Ausgezeichnet <220000 / 100,4% der Zahlung
- Grade A 221000 - 280000 / 100% der Zahlung
- Grade B 281000 - 325000 / 98% der Zahlung
- Grade C 326000 - 375000 / 93% der Zahlung
- Klasse D 375000 / 92% * der Zahlung

* 3 Monate in Folge über 400000, Ablieferungsmilch wird nicht mehr angenommen.

Tab. A 1: Durchschnittswerte der Kennzahlen der ICBA von 2010

	<i>Erste Laktation</i>	<i>Zweite Laktation</i>	<i>Höhere Laktationen</i>	<i>Gesamt</i>
<i>Anzahl Kühe</i>	27102	18364	27042	72508
<i>Milchleistung/ kg</i>	11406	13295	13817	12782
<i>ECM/ kg</i>	11605	13391	13616	12806
<i>Fettmenge/ kg</i>	423	483	489	463
<i>Fett/ %</i>	3,71	3,63	3,54	3,62
<i>Proteinmenge/ kg</i>	372	429	434	410
<i>Protein/ %</i>	3,26	3,23	3,14	3,2
<i>Laktationstage</i>	361	358	356	358
<i>Milchmenge/ kg/Tag</i>	31,6	37,1	38,8	35,7
<i>Rastzeit (RZ)</i>	61	62	62	62
<i>Zwischentragezeit (ZTZ)</i>	147	145	144	145
<i>Besamungsindex (BI)</i>	2	3	3	2,5
<i>Konzeptionsrate (KR)</i>	0,8	0,7	0,5	0,65
<i>Höchste Laktationsleistung in dritter Laktation</i>	18492 ECM/ kg/ 3,71% Fett/ 3,35% Eiweiß			
<i>Höchste Lebensleistung mit 13 Laktationen</i>	5085 Laktationstage/ 200538 Milch/kg/ 40 kg/Milch/Tag/ 3,27% Fett/ 2,87% Eiweiß			

Tab. A 2: Ration nach Dr. Ran Salomon 2011

	<i>Menge</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
<i>TS/ kg</i>	20,00	20,00	20,00
<i>Gesamt/ kg</i>	35,93	35,00	38,00
<i>Protein/ kg</i>	3,4		
<i>Protein aus</i>	0,17	0,17	0,17
<i>Grundfutter/ kg</i>			
<i>NDF/ kg</i>	6,89	6,40	7,00
<i>NDF/ TS</i>	0,18		
<i>NEL</i>	35,00		
<i>NEL/ TS</i>	1,75	1,75	
<i>Grundfutter NDF/ kg</i>	3,60		
<i>Grundfutter/ kg</i>	6,86		
<i>TS/ Gesamt</i>	0,56		
<i>Gf/ TS</i>	0,34		
<i>Ca/ g</i>	180,00	180,00	
<i>P/ g</i>	97,27	90,00	
<i>NaCl</i>	95,00	95,00	
<i>Fett/ kg</i>	1,05	1,05	2,52
<i>UDP</i>	1,06		
<i>UDP/ Protein</i>	0,31		
<i>NSC/ kg</i>	7,11		
<i>NSC/ TS</i>	0,36	0,35	0,40
<i>NPN/ g</i>	225	225	
<i>Vitamin A/ IU</i>	180000	180000	
<i>Vitamin E/ IU</i>	450000	450000	

Deskriptive Statistik

Herde I-III:

Tab. A 3: Deskriptive Statistik Herde I

<i>Variable</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>Variationskoeffizient %</i>	<i>Quartile Spannweite</i>	<i>Q75%</i>	<i>Q25%</i>	<i>Spannweite</i>	<i>Pr > t </i>
MY	38,05	9,81	25,77	13,21	44,59	31,38	76,85	<,0001
LD	145,88	102,07	69,97					<,0001
L	1,83	0,49	27,06	0,66	2,16	1,50	3,86	<,0001
L%	4,80	0,19	3,90	0,21	4,91	4,70	6,82	<,0001
LE	3,03	0,78	25,69	1,04	3,54	2,50	6,21	<,0001
LE%	7,97	0,37	4,65	0,48	8,23	7,75	9,41	<,0001
LF	3,16	0,77	24,29	1,01	3,65	2,64	6,46	<,0001
LF%	8,37	0,65	7,74	0,82	8,77	7,95	9,51	<,0001
LFE	4,36	1,05	24,01	1,38	5,03	3,65	8,94	<,0001
LFE%	11,54	0,83	7,21	1,04	12,07	11,03	13,50	<,0001
P%	3,17	0,36	11,26	0,46	3,42	2,96	10,48	<,0001
F%	3,56	0,68	19,05	0,87	3,99	3,12	8,42	<,0001
F:E	1,13	0,22	19,69	0,26	1,25	0,99	17,55	<,0001
F:L	0,75	0,22	30,07	0,19	0,84	0,64	76,80	<,0001
EC	9,95	1,07	10,78	1,16	10,42	9,26	14,97	<,0001
STP	214,24	79,90	37,29	80,00	245,00	165,00	1416,0	<,0001

Tab. A 4: Deskriptive Statistik Herde II

<i>Variable</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>Variationskoeffizient %</i>	<i>Quartile Spannweite</i>	<i>Q75%</i>	<i>Q25%</i>	<i>Spannweite</i>	<i>Pr > t </i>
MY	36,65	10,94	29,84	15,25	44,32	29,07	90,18	<,0001
LD	157,70	111,12	70,46					<,0001
L	1,74	0,53	30,71	0,76	2,12	1,37	4,14	<,0001
L%	4,73	0,23	4,77	0,230	4,87	4,64	6,24	<,0001
LE	2,94	0,86	29,32	1,19	3,54	2,35	7,04	<,0001
LE%	8,03	0,37	4,59	0,41	8,21	7,80	15,11	<,0001
LF	3,04	0,85	28,02	1,17	3,64	2,47	7,22	<,0001
LF%	8,35	0,51	6,07	0,65	8,67	8,02	8,91	<,0001
LFE	4,23	1,18	27,86	1,60	5,05	3,46	10,11	<,0001
LFE%	11,65	0,71	6,11	0,93	12,10	11,17	13,20	<,0001
P%	3,29	0,35	10,72	0,39	3,45	3,06	13,22	<,0001
F%	3,62	0,51	14,04	0,65	3,93	3,28	7,74	<,0001
F:E	1,10	0,14	12,98	0,16	1,18	1,01	3,44	<,0001
F:L	0,77	0,17	21,87	0,15	0,84	0,69	43,66	<,0001
EC	11,28	1,49	13,22	1,84	12,05	10,20	17,25	<,0001
STP	178,25	65,40	36,69	70,00	208,00	138,00	1497,0	<,0001

Tab. A 5: Deskriptive Statistik Herde III

<i>Variable</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>Variationskoeffizient %</i>	<i>Quartile Spannweite</i>	<i>Q75%</i>	<i>Q25%</i>	<i>Spannweite</i>	<i>Pr > t </i>
MY	36,23	9,09	25,11	13,21	44,59	31,38	76,85	<,0001
LD	13,79	89,36	67,80					<,0001
L	1,74	0,46	26,67	0,66	2,16	1,50	3,86	<,0001
L%	4,80	0,24	5,06	0,21	4,91	4,70	6,82	<,0001
LE	2,90	0,73	25,11	1,04	3,54	2,50	6,21	<,0001
LE%	8,00	0,40	4,85	0,48	8,23	7,75	9,41	<,0001
LF	3,02	0,74	24,42	1,01	3,65	2,64	6,46	<,0001
LF%	8,45	0,59	7,04	0,82	8,77	7,95	9,51	<,0001
LFE	4,19	0,97	23,27	1,38	5,03	3,65	8,94	<,0001
LFE%	11,65	0,76	6,51	1,04	12,07	11,03	13,50	<,0001
P%	3,20	0,33	10,30	0,46	3,42	2,96	10,48	<,0001
F%	3,65	0,61	16,65	0,87	3,99	3,12	8,42	<,0001
F:E	1,14	0,19	16,57	0,26	1,25	0,99	17,55	<,0001
F:L	0,77	0,49	63,69	0,19	0,84	0,64	76,80	<,0001
EC	9,85	0,93	9,42	1,16	10,42	9,26	14,97	<,0001
STP	164,82	61,09	37,07	80,00	245,00	165,00	1416,0	<,0001

Tab. A 6: Kennzahlen des Merkmals Milchmenge (kg/d), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	35,93	9,63	20,86	29,18	42,12	53,55
<i>DIA</i>	23,82	11,86	7,16	13,08	32,45	45,20
<i>END</i>	28,77	9,71	13,85	22,41	34,18	46,98
<i>FIE</i>	22,09	11,34	3,48	12,48	31,18	38,22
<i>INF</i>	21,98	9,54	8,35	15,74	26,27	43,53
<i>INJ</i>	21,69	6,80	10,94	16,71	26,41	32,98
<i>LAH</i>	36,20	7,49	22,97	31,77	40,83	47,67
<i>MAS</i>	24,12	12,85	3,75	13,06	34,14	42,06
<i>STR</i>	35,64	11,23	12,40	29,72	43,10	52,39
<i>STW</i>	31,05	11,79	9,19	23,89	39,52	48,06

Tab. A 7: Kennzahlen des Merkmals Laktosekonzentration (%), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	4,67	0,74	3,96	4,41	5,10	5,44
<i>DIA</i>	4,58	0,45	4,00	4,35	4,85	5,13
<i>END</i>	4,35	0,74	2,76	4,15	4,81	5,10
<i>FIE</i>	3,94	0,76	2,60	3,48	4,52	4,82
<i>INF</i>	4,47	0,40	3,66	4,30	4,76	4,98
<i>INJ</i>	4,37	0,72	2,09	4,44	4,80	4,99
<i>LAH</i>	4,84	0,27	4,31	4,66	5,04	5,28
<i>MAS</i>	4,24	0,82	2,41	3,91	4,79	5,06
<i>STR</i>	3,95	1,23	1,20	3,39	4,85	5,36
<i>STW</i>	4,28	0,81	2,74	3,93	4,84	5,19

Tab. A 8: Kennzahlen des Merkmals Laktosemenge (kg/d), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	1,72	0,49	0,99	1,38	2,02	2,61
<i>DIA</i>	1,12	0,58	0,25	0,57	1,57	2,18
<i>END</i>	1,33	0,49	0,54	1,01	1,61	2,26
<i>FIE</i>	0,98	0,55	0,10	0,50	1,42	1,77
<i>INF</i>	1,01	0,47	0,30	0,68	1,24	2,08
<i>INJ</i>	0,93	0,29	0,52	0,73	1,16	1,45
<i>LAH</i>	1,77	0,39	1,13	1,50	2,00	2,42
<i>MAS</i>	1,11	0,66	0,13	0,52	1,61	2,00
<i>STR</i>	1,72	0,56	0,57	1,43	2,10	2,57
<i>STW</i>	1,46	0,60	0,38	1,07	1,92	2,32

Tab. A 9: Kennzahlen des Merkmals Proteinkonzentration (%), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	3,19	0,63	2,28	2,69	3,67	4,13
<i>DIA</i>	3,27	0,44	2,57	2,95	3,59	4,10
<i>END</i>	3,42	0,54	2,62	2,98	3,83	4,26
<i>FIE</i>	3,62	0,75	2,48	3,07	4,17	4,94
<i>INF</i>	3,24	0,47	2,52	2,92	3,56	4,03
<i>INJ</i>	3,17	0,38	2,38	2,96	3,44	3,97
<i>LAH</i>	3,05	0,42	2,32	2,75	3,38	3,66
<i>MAS</i>	3,43	0,49	2,77	3,07	3,68	4,45
<i>STR</i>	3,40	0,82	2,20	2,74	4,01	4,79
<i>STW</i>	3,17	0,69	2,14	2,68	3,64	4,28

Tab. A 10: Kennzahlen des Merkmals Fettkonzentration (%), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	3,91	1,02	2,45	3,08	4,64	5,58
<i>DIA</i>	4,34	1,01	2,96	3,60	4,99	6,05
<i>END</i>	4,20	0,79	2,96	3,54	4,85	5,51
<i>FIE</i>	4,74	1,53	2,83	3,58	5,80	7,78
<i>INF</i>	4,33	1,11	2,91	3,71	4,70	7,03
<i>INJ</i>	4,29	0,87	2,72	3,58	4,89	6,06
<i>LAH</i>	3,78	0,62	2,84	3,32	4,22	4,83
<i>MAS</i>	4,44	1,19	2,64	3,71	5,05	6,63
<i>STR</i>	4,26	1,31	2,40	3,20	5,14	6,51
<i>STW</i>	4,55	1,19	2,83	3,62	5,38	6,64

Tab. A 11: Kennzahlen des Merkmals Leitfähigkeit (mmho/cm), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	10,10	2,33	8,06	8,93	12,66	15,38
<i>DIA</i>	11,03	1,97	8,62	9,43	12,35	14,70
<i>END</i>	11,20	1,92	8,62	9,57	12,58	14,70
<i>FIE</i>	11,43	2,29	8,62	9,43	13,16	15,62
<i>INF</i>	10,91	1,53	8,85	9,71	11,98	13,16
<i>INJ</i>	10,02	0,66	9,26	9,52	10,31	11,49
<i>LAH</i>	9,93	1,25	8,40	8,93	10,64	12,66
<i>MAS</i>	11,84	1,68	9,34	10,42	13,16	14,50
<i>STR</i>	11,02	2,27	8,06	8,93	12,99	14,92
<i>STW</i>	11,54	2,41	8,62	9,52	13,16	15,87

Tab. A 12: Kennzahlen des Merkmals Mobilität, getrennt nach Ereignis

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	329,72	168,60	71,0	190,0	451,0	612,0
<i>DIA</i>	148,83	49,05	88,0	112,5	176,5	232,5
<i>END</i>	191,89	77,94	85,5	130,0	244,0	338,0
<i>FIE</i>	142,59	73,08	83,0	94,0	174,0	269,0
<i>INF</i>	128,22	50,72	56,0	95,0	160,0	216,0
<i>INJ</i>	140,95	35,91	54,0	116,0	164,0	218,0
<i>LAH</i>	177,38	87,60	92,0	119,0	207,0	326,0
<i>MAS</i>	143,65	63,46	79,0	100,5	172,5	241,0
<i>STR</i>	266,54	153,14	64,0	145,0	357,0	557,0
<i>STW</i>	193,65	87,91	64,0	126,0	246,0	337,0

Tab. A 13: Kennzahlen des Merkmals Laktationszahl getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	4,00	2,16	1	2,0	6,0	7
<i>DIA</i>	3,00	1,58	1	2,0	4,0	5
<i>END</i>	4,00	2,16	1	2,0	6,0	7
<i>FIE</i>	3,50	1,87	1	2,0	5,0	6
<i>INF</i>	2,50	1,29	1	1,5	3,5	4
<i>INJ</i>	2,50	1,29	1	1,5	3,5	4
<i>LAH</i>	3,00	1,58	1	2,0	4,0	5
<i>MAS</i>	4,00	1,58	2	3,0	5,0	6
<i>STR</i>	4,00	2,16	1	2,0	6,0	7
<i>STW</i>	3,50	1,87	1	2,0	5,0	6

Tab. A 14: Kennzahlen des Merkmals Laktationstage (d), getrennt nach Ereignissen

Ereignis	MW	STD	Q5%	Q25%	Q75%	Q95%
<i>BRU</i>	194,30	110,52	26	99,5	285,5	379
<i>DIA</i>	147,51	93,95	15	62,5	221,0	277
<i>END</i>	119,98	102,47	13	36,0	155,0	324
<i>FIE</i>	93,23	49,09	17	48,0	137,0	164
<i>INF</i>	132,47	111,66	12	36,0	229,0	310
<i>INJ</i>	121,41	49,67	53	57,0	178,0	182
<i>LAH</i>	130,37	82,36	28	63,5	187,5	322
<i>MAS</i>	153,05	85,74	62	81,0	212,0	326
<i>STR</i>	180,52	101,24	25	93,5	265,5	337
<i>STW</i>	162,52	106,04	16	52,0	271,0	322

Tab. A 15: Kennwerte innerhalb der Laktationen

L	PAR 1	PAR 2	PAR 3	PAR 4	PAR 5	PAR 6	PAR 7
Herde I	0,0004	0,0007	0,0006	0,0006	0,0004	0,0003	0,0013
Herde II		0,0008	0,0013	0,0014	0,0020	0,0022	0,0013
Herde III	0,0006	0,0008	0,0041	0,0008	0,0007	0,0018	0,0006
L%							
Herde I	0,0041	0,0114	0,0054	0,0143	0,0040	0,0024	0,0094
Herde II		0,0093	0,0147	0,0117	0,0130	0,0209	0,0114
Herde III	0,0061	0,0070	0,0263	0,0075	0,0061	0,0143	0,0178
LE							
Herde I	0,0059	0,0113	0,0099	0,0130	0,0142	0,0177	0,0041
Herde II		0,0041	0,0043	0,0054	0,0052	0,0050	0,0091
Herde III	0,0053	0,0089	0,0098	0,0093	0,0107	0,0069	0,0169
LE%							
Herde I	0,066	0,0905	0,0691	0,0773	0,1410	0,1154	0,0449
Herde II		0,0439	0,0474	0,0439	0,0421	0,0433	0,0953
Herde III	0,0554	0,0734	0,0769	0,0728	0,0977	0,0572	0,0906
LF							
Herde I	0,0161	0,0280	0,0292	0,0342	0,0413	0,0374	0,0130
Herde II		0,0163	0,0111	0,0149	0,0138	0,0079	0,0295
Herde III	0,0126	0,0185	0,0221	0,0251	0,0371	0,0215	0,0093
LF%							
Herde I	0,1677	0,2000	0,1686	0,1921	0,2972	0,2298	0,1027
Herde II		0,1788	0,0990	0,1063	0,1066	0,0950	0,1750
Herde III	0,1252	0,1416	0,1650	0,1960	0,2315	0,1357	0,0627
LFE							
Herde I	0,0288	0,0475	0,0455	0,0431	0,0594	0,0934	0,0329
Herde II		0,0212	0,0293	0,0381	0,0431	0,0558	0,0463
Herde III	0,0212	0,0293	0,0381	0,0431	0,0558	0,0463	0,0405

LFE%	PAR 1	PAR 2	PAR 3	PAR 4	PAR 5	PAR 6	PAR 7
Herde I	0,3158	0,3624	0,2894	0,2370	0,5922	0,6104	0,2727
Herde II		0,3124	0,1729	0,1665	0,1577	0,1010	0,3332
Herde III	0,2089	0,2683	0,2952	0,3616	0,4440	0,3347	0,1365
E%							
Herde I	0,0665	0,0844	0,0574	0,0654	0,1468	0,1182	0,0488
Herde II		0,0388	0,0331	0,0316	0,0345	0,0257	0,0442
Herde III	0,0422	0,0559	0,0525	0,0609	0,0811	0,0503	0,0387
F%							
Herde I	0,1863	0,1983	0,1806	0,1958	0,3199	0,2379	0,1492
Herde II		0,1792	0,0872	0,0942	0,0998	0,0954	0,1352
Herde III	0,1283	0,1521	0,2290	0,2144	0,2628	0,2042	0,0654
F:E							
Herde I	0,0167	0,0207	0,0203	0,0336	0,0533	0,0094	0,0067
Herde II		0,0094	0,0079	0,0103	0,0123	0,0148	0,0080
Herde III	0,0140	0,0180	0,0216	0,0193	0,0266	0,0156	0,0164
F:L							
Herde I	0,0084	0,0105	0,0098	0, 0115	0,0152	0,0110	0,0118
Herde II		0,0087	0,0051	0,0050	0,0049	0,0063	0,0057
Herde III	0,0053	0,0066	0,0230	0,0115	0,0231	0,0097	0,0076
EC							
Herde I	0,3498	0,5517	0,6644	0,5025	0,6374	0,4574	0,3940
Herde II		0,6452	0,9070	0,8367	0,8502	1,0354	0,5335
Herde III	0,3367	0,3715	0,5508	0,4119	0,8583	0,5086	0,1531
STP							
Herde I	1254,2	1639,7	1453,9	857,7	1534,0	1349,0	2136,6
Herde II		647,0	1089,1	831,8	853,8	1415,7	2800,4
Herde III	1002,9	951,8	887,6	567,0	703,0	691,70	1683,7

Tab. A 17: Signifikanzprüfung von Laktosekonzentration zur Modellwahl

L%	Herde I 1 zu 1	Herde II 1 zu 1	Herde III 1 zu 1	Herde G 1 zu 1	Herde I event	Herde II event	Herde III event	HerdeG event	Modell- verwendung
	Pr> t	Pr> t	Pr> t	Pr> t	Pr> t	Pr> t	Pr> t	Pr> t	Event- spezifisch
MAS	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+
STW	0,0004	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,0406	<,0001	0,0052	+
DIA	0,3496	0,0169	0,0022	0,0979	<,0001	0,0024	0,0216	<,0001	+
END	<,0001	0,0050	0,5978	<,0001	0,0048	<,0001	0,5735	<,0001	-
FIE	0,0006	0,0044	<,0001	<,0001	<,0001	0,0043	<,0001	<,0001	+
BRU	0,1611	<,0001	0,1393	0,4835	0,0838	0,0030	0,0371	<,0001	-
LAH	0,8039	0,1241	0,8394	0,0665	0,0029	<,0001	0,0388	0,9975	-
STR	<,0001	0,0648	0,0008	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+
INF	0,0058	<,0001	0,0151	<,0001	<,0001	<,0001	0,0039	<,0001	+
INJ	0,3728	<,0001	0,0012	0,1255	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+
MY	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+
LD	<,0001	0,8064	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+
PAR	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+
DAY	<,0001	<,0001	<,0001	0,2142	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	+

Tab. A 30: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktosemenge

L	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
1 zu 1									
MAS	0,0296	0,0063	0,0178	0,0035	0,0196	0,0144	0,0196	0,0042	+
STW	0,0187	0,0051	0,0280	0,0229	0,0153	0,0042	0,0186	0,0030	-
DIA	0,0055	0,0067	-0,0470	0,0088	0,0071	0,0112	0,0025	0,0059	-
END	0,0216	0,0029	-0,0502	0,0028	0,0167	0,0072	0,0013	0,0026	-
FIE	0,0231	0,0171	0,0380	0,0109	-0,0035	0,0051	0,0064	0,0049	-
BRU	0,0067	0,0025	0,0068	0,0020	0,0017	0,0019	0,0059	0,0014	-
LAH	0,0113	0,0080	-0,0052	0,0063	-0,0080	0,0133	0,0061	0,0062	-
STR	-0,0101	0,0013	0,0258	0,0013	-0,0008	0,0015	-0,0027	0,0009	+
INF	-0,0047	0,0077	0,0075	0,0028	-0,0010	0,0131	-0,0010	0,0034	-
INJ	0,0100	0,0132	0,0171	0,0071	0,0588	0,0278	0,0196	0,0089	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,0331	0,0024	0,0213	0,0024	0,0124	0,0059	0,0302	0,0016	+
STW	0,0196	0,0020	0,0010	0,0025	0,0086	0,0019	0,0146	0,0013	+
DIA	0,0100	0,0026	-0,0423	0,0062	-0,0076	0,0045	-0,0002	0,0023	-
END	0,0096	0,0011	-0,0199	0,0018	0,0097	0,0020	0,0041	0,0009	-
FIE	0,0221	0,0099	0,0432	0,0109	-0,0088	0,0032	0,0081	0,0029	+
BRU	0,0058	0,0015	0,0069	0,0020	0,0015	0,0012	0,0053	0,0009	-
LAH	0,0044	0,0022	0,0020	0,0030	0,0033	0,0037	0,0058	0,0017	-
STR	-0,0000	0,0007	0,0219	0,0011	0,0243	0,0009	-0,0023	0,0005	-
INF	-0,0040	0,0029	0,0072	0,0019	-0,0137	0,0059	0,0031	0,0014	-
INJ	0,0220	0,0075	0,0162	0,0069	0,0774	0,0134	0,0242	0,0050	-

Tab. A 31: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktosekonzentration

L%	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
1zu1									
MAS	0,2217	0,0177	0,0428	0,0179	0,2021	0,0445	0,1192	0,0126	+
STW	0,0503	0,0142	-0,0554	0,0197	0,0760	0,0130	0,0625	0,0091	-
DIA	0,0175	0,0188	-0,1294	0,0455	0,1064	0,0347	0,0294	0,0178	-
END	-0,0368	0,0082	-0,1733	0,0158	0,0118	0,0224	-0,0619	0,0077	-
FIE	0,1628	0,0477	-0,2637	0,1715	0,1960	0,0157	0,2540	0,0148	+
BRU	0,0098	0,0070	0,0191	0,0103	-0,0087	0,0059	0,0031	0,0044	-
LAH	0,0055	0,0223	-0,1621	0,0318	0,0083	0,0411	-0,0340	0,0185	-
STR	0,0497	0,0035	0,0271	0,0070	0,0154	0,0046	0,0259	0,0026	+
INF	0,0590	0,0214	0,2358	0,0143	0,0584	0,0406	0,1326	0,0103	+
INJ	0,0328	0,0367	0,0091	0,0370	0,2785	0,0860	0,0410	0,0267	+
Eventberücksichtigt									
MAS	0,2095	0,0068	0,0865	0,0071	0,2895	0,0172	0,1745	0,0049	+
STW	0,0681	0,0057	-0,0165	0,0081	0,0346	0,0059	0,0470	0,0038	-
DIA	0,0395	0,0073	-0,0575	0,0189	0,0310	0,0135	0,0193	0,0069	-
END	-0,0087	0,0031	-0,1170	0,0059	0,0038	0,0068	-0,0235	0,0028	-
FIE	0,1442	0,0276	-0,2803	0,0981	0,2182	0,0092	0,2636	0,0085	+
BRU	0,0071	0,0041	0,0178	0,0060	0,0073	0,0035	0,0105	0,0026	-
LAH	0,0185	0,0062	-0,0395	0,0091	0,0220	0,0106	0,0000	0,0051	+
STR	0,0296	0,0019	0,0194	0,0037	0,0319	0,0030	0,0132	0,0015	+
INF	0,0404	0,0082	0,1236	0,0058	0,0509	0,0176	0,0692	0,0041	+
INJ	0,1185	0,0210	0,0740	0,0210	0,2697	0,0387	0,1002	0,0148	+

Tab. A 32: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Proteinmenge

LE	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell -wahl
lul									
MAS	0,0861	0,0101	0,0225	0,0075	0,0241	0,0226	0,0534	0,0065	-
STW	0,0799	0,0081	0,0138	0,0084	0,0449	0,0066	0,0577	0,0047	-
DIA	0,0641	0,0107	-0,0688	0,0192	0,0629	0,0176	0,0477	0,0091	-
END	-0,0229	0,0046	-0,0478	0,0066	-0,0104	0,0114	-0,0110	0,0040	-
FIE	0,0829	0,0271	-0,0932	0,0722	0,0070	0,0080	-0,0031	0,0076	-
BRU	0,0129	0,0040	0,0174	0,0044	0,0034	0,0030	0,0069	0,0022	-
LAH	0,0219	0,0127	-0,0075	0,0134	-0,0199	0,0208	0,0087	0,0095	-
STR	0,0048	0,0020	0,0201	0,0029	0,0111	0,0023	0,0025	0,0014	-
INF	0,0221	0,0121	0,0197	0,0060	0,0181	0,0206	0,0271	0,0053	-
INJ	0,0760	0,0209	0,0604	0,0156	0,0561	0,0437	0,0761	0,0138	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,0668	0,0039	0,0175	0,0030	0,0381	0,0087	0,0399	0,0025	-
STW	0,0630	0,0032	0,0145	0,0034	0,0266	0,0030	0,0424	0,0020	-
DIA	0,0523	0,0042	-0,0493	0,0081	0,0515	0,0069	0,0374	0,0036	-
END	-0,0200	0,0017	-0,0206	0,0025	-0,0312	0,0035	-0,0071	0,0014	-
FIE	0,0880	0,0157	-0,1137	0,0417	0,0175	0,0047	0,0053	0,0044	-
BRU	0,0077	0,0023	0,0057	0,0025	0,0131	0,0018	0,0089	0,0013	-
LAH	0,0091	0,0035	0,0053	0,0039	0,0178	0,0054	0,0173	0,0026	-
STR	0,0077	0,0011	0,0072	0,0016	0,0141	0,0015	-0,0000	0,0008	-
INF	0,0281	0,0046	0,0206	0,0025	0,0409	0,0090	0,0271	0,0021	-
INJ	0,0731	0,0119	0,0524	0,0089	0,0812	0,0197	0,0754	0,0076	-

Tab. A 33: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Proteinkonzentration

LE %	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modellwahl
-1+1									
MAS	0,3256	0,0269	0,0281	0,0211	0,1351	0,0642	0,1901	0,0179	-
STW	0,2573	0,0216	0,0179	0,0232	0,1812	0,0188	0,2114	0,0130	+
DIA	0,2056	0,0285	-0,1524	0,0534	0,1651	0,0501	0,1616	0,0253	-
END	-0,0954	0,0124	-0,1402	0,0186	-0,0712	0,0324	-0,0558	0,0110	+
FIE	0,2929	0,0725	-0,3144	0,2016	-0,0039	0,0227	-0,0034	0,0211	-
BRU	0,0248	0,0106	0,0205	0,0122	-0,0085	0,0085	0,0027	0,0062	-
LAH	0,0463	0,0339	-0,1041	0,0374	-0,0381	0,0593	0,0039	0,0265	-
STR	0,0069	0,0053	0,0483	0,0082	0,0221	0,0066	0,0055	0,0038	-
INF	0,0934	0,0325	0,1864	0,0169	0,0353	0,0587	0,1468	0,0148	+
INJ	0,2847	0,0559	0,1137	0,0435	0,2625	0,1243	0,2503	0,0382	+
Eventberücksichtigt									
MAS	0,3224	0,0115	0,0753	0,0084	0,2938	0,0266	0,1866	0,0070	+
STW	0,1981	0,0089	0,0266	0,0095	0,0842	0,0083	0,1607	0,0055	+
DIA	0,1613	0,0122	-0,0760	0,0225	0,1542	0,0201	0,1316	0,0099	-
END	-0,0633	0,0048	-0,0720	0,0070	-0,1576	0,0091	-0,0509	0,0040	+
FIE	0,0246	0,0313	-0,3747	0,1162	0,0915	0,0141	0,0623	0,0122	-
BRU	0,0272	0,0069	0,0000	0,0071	0,0282	0,0054	0,0141	0,0037	-
LAH	0,0464	0,0104	0,0056	0,0108	0,0591	0,0163	0,0592	0,0073	+
STR	-0,0088	0,0031	0,0168	0,0043	0,0385	0,0042	-0,0003	0,0021	-
INF	0,1459	0,0130	0,1008	0,0069	0,1303	0,0264	0,0942	0,0059	+
INJ	0,2982	0,0356	0,1557	0,0249	0,3012	0,0599	0,2773	0,0212	+

Tab. A 34: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fettmenge

LF	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
lul									
MAS	0,1125	0,0178	0,0581	0,0119	0,0296	0,0063	0,0891	0,0100	-
STW	-0,0720	0,0143	-0,0474	0,0131	0,0187	0,0051	-0,1164	0,0072	+
DIA	-0,0202	0,0189	-0,1687	0,0301	0,0055	0,0067	-0,0172	0,0141	-
END	-0,1749	0,0082	-0,1799	0,0105	0,0216	0,0029	-0,1486	0,0061	-
FIE	-0,0979	0,0480	-0,1028	0,1135	0,0231	0,0171	-0,0097	0,0118	-
BRU	-0,0241	0,0070	0,0546	0,0069	0,0067	0,0025	0,0225	0,0035	-
LAH	-0,0426	0,0225	-0,0650	0,0211	0,0113	0,0080	-0,0517	0,0147	-
STR	0,0632	0,0035	0,0489	0,0046	-0,0101	0,0013	0,0337	0,0021	-
INF	-0,0261	0,0215	0,0304	0,0095	-0,0047	0,0077	0,0354	0,0082	-
INJ	-0,0112	0,0370	0,0101	0,0245	0,0099	0,0132	0,0068	0,0212	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,0605	0,0068	0,0193	0,0047	0,0646	0,0112	0,0372	0,0039	-
STW	-0,0724	0,0057	-0,0484	0,0053	-0,1458	0,0039	-0,1094	0,0031	+
DIA	-0,0041	0,0074	-0,1359	0,0126	0,0422	0,0088	-0,0165	0,0055	-
END	-0,1163	0,0031	-0,1358	0,0039	-0,1259	0,0045	-0,1027	0,0022	-
FIE	-0,0807	0,0277	-0,1775	0,0652	0,0359	0,0060	-0,0108	0,0068	-
BRU	-0,0123	0,0041	-0,0122	0,0040	-0,0180	0,0023	-0,0154	0,0020	-
LAH	-0,0454	0,0063	-0,0308	0,0061	-0,0040	0,0070	-0,0443	0,0040	-
STR	0,0094	0,0019	0,0086	0,0024	0,0227	0,0019	-0,0046	0,0012	-
INF	-0,0066	0,0082	0,0166	0,0039	0,0615	0,0115	0,0255	0,0033	-
INJ	0,0015	0,0212	0,0246	0,0140	0,0959	0,0253	0,0238	0,0118	-

Tab. A 35: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fettkonzentration

LF%	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
lul									
MAS	0,1964	0,0452	0,3273	0,0325	0,0296	0,0063	0,3142	0,0266	+
STW	-0,3090	0,0363	-0,2501	0,0358	0,0187	0,0051	-0,4458	0,0193	+
DIA	-0,2560	0,0479	-0,3453	0,0825	0,0055	0,0067	-0,2410	0,0376	+
END	-0,2520	0,0208	-0,4724	0,0286	0,0216	0,0029	-0,3272	0,0164	+
FIE	-0,8077	0,1218	0,0388	0,3110	0,0231	0,0171	-0,1428	0,0313	-
BRU	-0,0584	0,0178	0,1157	0,0188	0,0067	0,0025	0,0595	0,0093	+
LAH	-0,2579	0,0570	-0,0599	0,0578	0,0113	0,0080	-0,2087	0,0392	-
STR	-0,0323	0,0090	0,1109	0,0127	-0,0101	0,0013	0,0161	0,0056	-
INF	-0,3681	0,0546	-0,0772	0,0260	-0,0047	0,0077	0,0111	0,0219	-
INJ	-0,1932	0,0939	-0,1396	0,0671	0,0099	0,0132	-0,2069	0,0566	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,1159	0,0173	0,1053	0,0139	0,1255	0,0312	0,1055	0,0103	+
STW	-0,2626	0,0144	-0,2898	0,0148	-0,4631	0,0107	-0,3666	0,0081	+
DIA	-0,1691	0,0187	-0,3687	0,0367	-0,0517	0,0245	-0,2073	0,0146	+
END	-0,2398	0,0078	-0,3683	0,0106	-0,3450	0,0124	-0,2496	0,0059	+
FIE	-0,5972	0,0702	0,1361	0,0641	-0,0472	0,0167	-0,2317	0,0180	-
BRU	-0,0315	0,0104	-0,0405	0,0118	-0,0549	0,0063	-0,0477	0,0054	+
LAH	-0,1826	0,0158	-0,0357	0,0178	-0,0224	0,0194	-0,1304	0,0108	+
STR	-0,0526	0,0049	0,0618	0,0067	0,0640	0,0054	-0,0443	0,0032	-
INF	-0,1888	0,0208	-0,1003	0,0112	0,0664	0,0321	-0,0060	0,0088	-
INJ	-0,1411	0,0535	-0,1281	0,0405	0,0873	0,0703	-0,1321	0,0313	-

Tab. A 36: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fett-Proteinmenge

LFE	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
lul									
MAS	0,1691	0,0208	0,0733	0,0139	0,1712	0,0355	0,1220	0,0119	-
STW	-0,0108	0,0167	-0,0404	0,0154	-0,1181	0,0104	-0,0767	0,0087	-
DIA	0,0385	0,0221	-0,1880	0,0354	0,1465	0,0277	0,0286	0,0168	-
END	-0,2194	0,0096	-0,1949	0,0123	-0,2214	0,0179	-0,1649	0,0073	-
FIE	-0,0381	0,0560	-0,1545	0,1335	0,0434	0,0126	-0,0226	0,0140	-
BRU	-0,0179	0,0082	0,0612	0,0081	0,0328	0,0047	0,0242	0,0041	-
LAH	-0,0322	0,0262	-0,0689	0,0248	-0,0041	0,0328	-0,0490	0,0180	+
STR	0,0782	0,0041	0,0609	0,0054	0,0542	0,0036	0,0394	0,0025	-
INF	0,0007	0,0251	0,0351	0,0112	0,0790	0,0324	0,0618	0,0098	-
INJ	0,0548	0,0432	0,0400	0,0288	0,1265	0,0687	0,0635	0,0253	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,0941	0,0080	0,0157	0,0056	0,0797	0,0136	0,0457	0,0046	-
STW	-0,0291	0,0066	-0,0506	0,0063	-0,1293	0,0047	-0,0839	0,0036	-
DIA	0,0382	0,0086	-0,1461	0,0148	0,0910	0,0107	0,0198	0,0066	-
END	-0,1459	0,0036	-0,1373	0,0046	-0,1713	0,0054	-0,1166	0,0027	-
FIE	-0,0148	0,0324	-0,2422	0,0768	0,0562	0,0073	-0,0148	0,0081	-
BRU	-0,0105	0,0048	-0,0139	0,0047	-0,0094	0,0028	-0,0125	0,0024	-
LAH	-0,0407	0,0073	-0,0301	0,0072	0,0105	0,0085	-0,0328	0,0048	+
STR	0,0172	0,0023	0,0092	0,0029	0,0337	0,0024	-0,0031	0,0014	-
INF	0,0255	0,0096	0,0235	0,0046	0,1050	0,0140	0,0489	0,0039	-
INJ	0,0524	0,0247	0,0524	0,0165	0,0888	0,0308	0,0745	0,0140	-

Tab. A 37: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Laktose-Fett-Proteinkonzentration

LFE %	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modellwahl
lul									
MAS	0,3011	0,0532	0,3989	0,0369	0,4412	0,0990	0,3830	0,0317	+
STW	-0,1007	0,0427	-0,1764	0,0406	-0,4183	0,0289	-0,3003	0,0230	+
DIA	-0,0663	0,0564	-0,3676	0,0936	0,0847	0,0773	-0,1109	0,0448	-
END	-0,3106	0,0245	-0,4389	0,0325	-0,6735	0,0499	-0,3239	0,0195	+
FIE	-0,6772	0,1433	-0,0113	0,3530	-0,1363	0,0351	-0,4015	0,0373	+
BRU	-0,0434	0,0210	0,1171	0,0213	0,0906	0,0132	0,0581	0,0110	+
LAH	-0,2174	0,0670	-0,0020	0,0656	-0,0449	0,0915	-0,1708	0,0468	-
STR	-0,0745	0,0106	0,1324	0,0144	0,1387	0,0102	-0,0051	0,0067	-
INF	-0,3334	0,0642	-0,1261	0,0295	0,1126	0,0905	0,0241	0,0261	-
INJ	0,0594	0,1104	-0,0355	0,0762	0,2884	0,1917	0,0027	0,0675	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,2165	0,0204	0,0966	0,0147	0,1266	0,0380	0,1161	0,0124	+
STW	-0,1121	0,0170	-0,1601	0,0167	-0,3748	0,0131	-0,2560	0,0097	+
DIA	-0,0400	0,0220	-0,3465	0,0393	0,0687	0,0299	-0,0969	0,0175	+
END	-0,3171	0,0092	-0,3118	0,0122	-0,5233	0,0152	-0,2808	0,0071	+
FIE	-0,4466	0,0826	-0,2910	0,2036	-0,1915	0,0204	-0,4342	0,0215	+
BRU	-0,0241	0,0122	-0,0617	0,0124	-0,0380	0,0077	-0,0452	0,0065	+
LAH	-0,1589	0,0186	0,0368	0,0189	0,0211	0,0236	-0,0714	0,0129	-
STR	-0,0732	0,0058	0,0149	0,0076	0,0760	0,0066	-0,0579	0,0038	-
INF	-0,1111	0,0245	-0,0983	0,0121	0,1717	0,0391	0,0182	0,0105	-
INJ	0,0414	0,0630	-0,0323	0,0436	0,1060	0,0858	0,0447	0,0374	-

Tab. A 38: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Proteinkonzentration

E%	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
1u1									
MAS	0,1048	0,0251	0,0714	0,0138	-0,1144	0,0521	0,0711	0,0151	-
STW	0,2082	0,0202	0,0736	0,0152	0,1077	0,0152	0,1487	0,0110	+
DIA	0,1891	0,0266	-0,0226	0,0351	0,0602	0,0407	0,1321	0,0213	-
END	-0,0586	0,0116	0,0335	0,0122	-0,0814	0,0262	0,0056	0,0093	-
FIE	0,1307	0,0676	-0,0504	0,1325	-0,1980	0,0184	-0,2571	0,0178	+
BRU	0,0151	0,0099	0,0015	0,0080	0,0004	0,0070	-0,0006	0,0053	-
LAH	0,0406	0,0316	0,0579	0,0246	-0,0467	0,0481	0,0379	0,0223	-
STR	-0,0423	0,0050	0,0215	0,0054	0,0074	0,0053	-0,0204	0,0032	-
INF	0,0350	0,0303	-0,0490	0,0111	-0,0212	0,0476	0,0142	0,0124	-
INJ	0,2525	0,0521	0,1043	0,0286	-0,0140	0,1008	0,2098	0,0321	-
Eventberücksichtigt									
MAS	0,1007	0,0096	-0,0016	0,0062	0,0012	0,0201	0,0120	0,0059	-
STW	0,1505	0,0080	0,0742	0,0065	0,0883	0,0069	0,1131	0,0046	+
DIA	0,1284	0,0104	0,0104	0,0162	0,1206	0,0158	0,1119	0,0084	+
END	-0,0772	0,0044	0,0497	0,0047	-0,1777	0,0080	-0,0283	0,0034	-
FIE	0,1509	0,0391	-0,2496	0,0283	-0,1441	0,0108	-0,2012	0,0103	-
BRU	0,0075	0,0058	-0,0141	0,0052	0,0170	0,0041	0,0032	0,0031	-
LAH	0,0238	0,0088	0,0481	0,0078	0,0436	0,0125	0,0591	0,0061	+
STR	-0,0205	0,0027	-0,0545	0,0029	0,0117	0,0035	-0,0128	0,0018	-
INF	0,0777	0,0116	0,0011	0,0050	0,1057	0,0207	0,0249	0,0050	-
INJ	0,1824	0,0300	0,1206	0,0178	0,0191	0,0454	0,1773	0,0179	-

Tab. A 39: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Fettkonzentration

F%	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
Iul									
MAS	-0,0244	0,0455	0,3707	0,0301	0,3065	0,0796	0,1954	0,0259	-
STW	-0,3581	0,0366	-0,1942	0,0332	-0,5989	0,0233	-0,5083	0,0188	+
DIA	-0,2724	0,0482	-0,2151	0,0765	-0,0802	0,0622	-0,2703	0,0367	-
END	-0,2151	0,0210	-0,2984	0,0266	-0,6019	0,0401	-0,2657	0,0160	+
FIE	-0,9699	0,1226	0,3022	0,2885	-0,1319	0,02819	-0,3963	0,0305	-
BRU	-0,0681	0,0180	0,0970	0,0174	0,0993	0,0106	0,0563	0,0090	-
LAH	-0,2636	0,0573	0,1022	0,0536	-0,0067	0,0736	-0,1747	0,0383	-
STR	-0,0814	0,0090	0,0840	0,0117	0,1169	0,0082	-0,0100	0,0055	-
INF	-0,4269	0,0549	-0,3124	0,0241	0,0779	0,0728	-0,1214	0,0214	-
INJ	-0,2254	0,0945	-0,1482	0,0622	0,0266	0,1541	-0,2473	0,0552	-
Eventberücksichtigt									
MAS	-0,0932	0,0174	0,0211	0,0120	-0,1622	0,0305	-0,0692	0,0101	-
STW	-0,3298	0,0145	-0,1868	0,0136	-0,4954	0,0105	-0,4143	0,0079	+
DIA	-0,2077	0,0188	-0,2705	0,0320	-0,0819	0,0239	-0,2270	0,0142	+
END	-0,2308	0,0079	-0,2396	0,0099	-0,3462	0,0121	-0,2272	0,0058	+
FIE	-0,7411	0,0705	0,0837	0,1654	-0,2637	0,0163	-0,4952	0,0175	-
BRU	-0,0386	0,0104	-0,0620	0,0101	-0,0620	0,0062	-0,0585	0,0053	+
LAH	-0,2012	0,0159	0,0313	0,0154	-0,0446	0,0189	-0,1305	0,0105	-
STR	-0,0817	0,0050	-0,0019	0,0062	0,0328	0,0053	-0,0568	0,0031	-
INF	-0,2291	0,0209	-0,1989	0,0098	0,0168	0,0313	-0,0754	0,0085	-
INJ	-0,2592	0,0538	-0,1879	0,0354	-0,1809	0,0687	-0,2320	0,0304	+

Tab. A 40: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei dem Fett-Eiweiß-Quotient

F:E	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
Iul									
MAS	-0,0444	0,0181	0,0851	0,0093	0,1471	0,0302	0,0358	0,0097	-
STW	-0,1964	0,0145	-0,0919	0,0102	-0,2314	0,0088	-0,2174	0,0070	+
DIA	-0,1612	0,0192	-0,0683	0,0236	-0,0379	0,0235	-0,1326	0,0137	-
END	-0,0510	0,0083	-0,1130	0,0082	-0,1571	0,0152	-0,0866	0,0059	-
FIE	-0,3298	0,0487	0,0920	0,0890	0,0347	0,0107	-0,0238	0,0114	-
BRU	-0,0225	0,0071	0,0314	0,0054	0,0304	0,0040	0,0120	0,0034	-
LAH	-0,0883	0,0228	0,0052	0,0165	0,0074	0,0279	-0,0681	0,0143	-
STR	-0,0031	0,0036	0,0173	0,0036	0,0335	0,0031	0,0067	0,0020	-
INF	-0,1249	0,0218	-0,0650	0,0075	0,0349	0,0276	-0,0265	0,0080	-
INJ	-0,1956	0,0376	-0,0776	0,0192	0,0173	0,0584	-0,1613	0,0206	-
Eventberücksichtigt									
MAS	-0,0909	0,0069	0,0119	0,0037	-0,0394	0,0116	-0,0314	0,0037	-
STW	-0,1646	0,0058	-0,0775	0,0042	-0,1940	0,0040	-0,1757	0,0300	+
DIA	-0,1133	0,0075	-0,0796	0,0098	-0,0621	0,0091	-0,1086	0,0053	-
END	-0,0447	0,0031	-0,0980	0,0030	-0,0449	0,0046	-0,0605	0,0021	-
FIE	-0,2673	0,0281	0,0423	0,0509	-0,0133	0,0062	-0,0642	0,0065	-
BRU	-0,0117	0,0042	-0,0119	0,0031	-0,0251	0,0023	-0,0176	0,0020	-
LAH	-0,0699	0,0063	-0,0102	0,0047	-0,0368	0,0072	-0,0652	0,0039	-
STR	-0,0170	0,0020	-0,0018	0,0019	0,0063	0,0020	-0,0128	0,0011	-
INF	-0,0914	0,0083	-0,0465	0,0030	-0,0319	0,0119	-0,0205	0,0032	-
INJ	-0,1691	0,0214	-0,0769	0,0109	-0,0639	0,0261	-0,1408	0,0113	-

Tab. A 41: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei dem Fett-Laktose-Quotienten

F:L	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
lul									
MAS	-0,0485	0,0236	0,0810	0,0141	0,0167	0,1217	0,0063	0,0231	-
STW	-0,0783	0,0190	-0,1125	0,0155	-0,1328	0,0355	-0,1124	0,0168	+
DIA	-0,0497	0,0250	-0,0074	0,0358	-0,0017	0,0950	-0,0442	0,0327	-
END	0,0199	0,0109	-0,0158	0,0124	-0,0636	0,0613	0,0013	0,0142	-
FIE	-0,2380	0,0636	0,1706	0,1351	-0,0723	0,0431	-0,1627	0,0272	-
BRU	-0,0122	0,0093	0,0185	0,0086	0,0297	0,0162	0,0166	0,0081	-
LAH	-0,0332	0,0298	0,0965	0,0251	-0,0062	0,1125	-0,0088	0,0341	-
STR	-0,0704	0,0047	0,0118	0,0055	0,0039	0,0125	-0,0296	0,0049	-
INF	-0,1101	0,0285	-0,1710	0,0113	0,0373	0,1112	-0,0840	0,0190	-
INJ	-0,0504	0,0490	-0,0148	0,0291	0,0002	0,2356	-0,0453	0,0492	-
Eventberücksichtigt									
MAS	-0,0837	0,0091	-0,0295	0,0118	-0,1443	0,0471	-0,0766	0,0090	-
STW	-0,0731	0,0076	0,0522	0,0126	-0,1232	0,0160	-0,0951	0,0071	-
DIA	-0,0477	0,0098	-0,0158	0,0314	0,0035	0,0369	-0,0402	0,0128	-
END	-0,0240	0,0041	-0,0226	0,0090	-0,0100	0,0186	-0,0102	0,0051	-
FIE	-0,1869	0,0369	-0,2050	0,0549	-0,1364	0,0252	-0,2162	0,0158	-
BRU	-0,0042	0,0055	-0,0140	0,0101	-0,0090	0,0095	-0,0098	0,0047	-
LAH	-0,0439	0,0083	0,0323	0,0152	-0,0142	0,0291	-0,0186	0,0094	-
STR	-0,0363	0,0026	-0,0326	0,0057	-0,0615	0,0082	-0,0359	0,0028	-
INF	-0,0616	0,0109	-0,0452	0,0096	0,0177	0,0483	-0,0375	0,0077	-
INJ	-0,0924	0,0281	-0,0160	0,0346	-0,0892	0,1062	-0,0692	0,0274	-

Tab. A 42: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Leitfähigkeit

EC	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
lul									
MAS	-1,4959	0,0862	-0,5739	0,1272	-1,7416	0,1309	-1,0802	0,0599	+
STW	0,1194	0,0692	0,5402	0,1401	0,2284	0,0383	0,2486	0,0435	-
DIA	0,2845	0,0914	0,9137	0,3227	0,1493	0,1022	0,3113	0,0846	+
END	-0,0782	0,0397	0,1170	0,1121	-0,4119	0,0660	-0,0893	0,0369	-
FIE	0,0962	0,2321	-0,2015	1,2172	-0,1722	0,0464	-0,2195	0,0705	+
BRU	-0,0010	0,0340	-0,1330	0,0735	-0,1643	0,0174	-0,1240	0,0209	-
LAH	0,2551	0,1086	0,4908	0,2261	-0,1367	0,1210	0,1599	0,0883	-
STR	0,0018	0,0171	0,0666	0,0496	0,0715	0,0134	0,0443	0,0126	-
INF	0,0720	0,1041	-0,4408	0,1019	0,0045	0,1197	-0,0458	0,0493	-
INJ	0,0099	0,1789	0,7570	0,2626	0,5329	0,2534	0,4302	0,1274	-
Eventberücksichtigt									
MAS	-0,9671	0,0332	-0,2412	0,0510	-0,9100	0,0507	-0,6153	0,0234	+
STW	0,0404	0,0276	0,3907	0,0579	0,1024	0,0175	0,1244	0,0184	-
DIA	0,0423	0,0358	0,4650	0,1361	0,0455	0,0399	0,0940	0,0331	-
END	-0,0455	0,0150	0,3083	0,0421	-0,1102	0,0202	0,0153	0,0134	-
FIE	0,2441	0,1345	0,5409	0,7045	-0,0949	0,0272	-0,1216	0,0408	-
BRU	0,0108	0,0199	-0,0126	0,0431	-0,0520	0,0103	-0,0337	0,0123	-
LAH	0,1454	0,0303	0,0932	0,0655	0,0745	0,0315	0,0898	0,0244	-
STR	-0,0055	0,0094	-0,0246	0,0263	0,0117	0,0088	0,0117	0,0072	-
INF	0,0333	0,0399	-0,2797	0,0419	-0,0823	0,0522	-0,0317	0,0199	-
INJ	-0,1218	0,1026	0,2719	0,1508	0,1690	0,1144	0,1112	0,0709	-

Tab. A 43: Abweichungen der Ereignisse vom Mittelwert einen Tag vorher und einen Tag nachher und eventberücksichtigt bei der Mobilität

STP	Herde I Schätzung	Standard Fehler	Herde II Schätzung	Standard Fehler	Herde III Schätzung	Standard Fehler	HerdeG Schätzung	Standard Fehler	Modell- wahl
Eventberücksichtigt									
MAS	20,2057	3,2981	-6,7087	2,2173	7,3699	4,4404	-1,5367	1,6827	-
STW	13,0291	2,7448	1,2284	2,5147	7,4901	1,3898	2,7404	1,3209	+
DIA	31,0571	3,5550	-2,2427	5,9150	-3,0543	3,3591	12,5209	2,3789	-
END	13,0048	1,4922	1,4994	1,8311	2,7501	1,5263	6,0597	0,9620	-
FIE	38,7977	13,3801	-0,6959	30,6191	18,1957	2,3621	21,2731	2,9321	-
BRU	-99,5462	1,9821	-80,1980	1,8726	-80,3531	0,8981	-87,6664	0,8811	+
LAH	10,8239	3,0115	6,8849	2,8473	16,1782	2,7292	7,1249	1,7532	+
STR	-19,3488	0,9401	-5,3167	1,1426	-18,6304	0,7076	-13,4173	0,5151	+
INF	14,6348	3,9685	5,0919	1,8227	35,8302	4,4091	7,1796	1,4258	-
INJ	31,1370	10,2038	-11,7484	6,5535	9,5764	10,0151	9,0701	5,0902	-

***Ereignisse:** (BRU), Durchfall (DIA), Endometritis (END), Fieber (FIE), Infektionen (INF), Verletzungen (INJ), Klauenerkrankungen (LAH), Mastitis (MAS), Stress (STR) und Stoffwechselerkrankungen (STW) und Diarrhö (DIA)

***Variablen/ Parameter:** Laktosemenge (L), Laktosekonzentration (L%), Laktose+Fettmenge (LF), Laktose+Fett-Konzentration (LF%), Laktose+Eiweißmenge (LE), Laktose+Eiweiß-Konzentration (LE%), Laktose+Fett+ Eiweißmenge (LFE), Laktose+Fett+ Eiweiß-Konzentration (LFE%), Protein (E%), Fett (F%), Fett+Eiweiß-Quotient (F:E), Fett+Laktose-Quotient (F:L), Leitfähigkeit (EC) und Mobilität (STP)

***Kennwerte:** Tag (DAY), Laktation (PAR), Milchmenge (MY), Melktag (LD), HerdeG (alle drei Herden), Event (Ereignis), Beobachtungszeitraum einen Tag vor und einen Tag nach der Dokumentation (1zu1), Beobachtungszeitraum nach Ereignis (Eventberücksichtigt) siehe Tabelle 11, Signifikanz ($Pr > |t|$)

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides statt, die vorliegende Dissertation selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Berlin, den 08.02. 2016